

1863. ANNALEN No. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CXX.

I. Ablenkung der Magnethadel durch die Nebenströme der leydenen Batterie; von Peter Riefler¹⁾.

Nachdem Faraday die beiden einander entgegengerichteten Inductionsströme beim Schließen und Oeffnen der voltaschen Kette entdeckt hatte, ging er an den Versuch, eine Induction durch die Entladung einer leydenen Batterie zu erregen. Er erwartete augenscheinlich keinen Erfolg; denn als er solchen in der Magnetisirung einer Nadel wirklich erhielt, schrieb er ihn der ungenügenden Isolirung des Hauptdrahtes vom Nebendrahte zu, und erklärte es für unmöglich, die beiden entgegengesetzten Wirkungen von einander zu trennen, die beim Beginnen und Aufhören der Entladung statt finden. Wenn diese Wirkungen, wie er annahm, gleichzeitig auftreten, so müssen sie sich aufheben und es blieb keine Hoffnung, sie einzeln aufzufinden (exper. resear 24, 25). Durch Marianini's, Henry's und meine Versuche wurde indess gezeigt, daß der Nebenstrom der leydenen Batterie eine Stahlnadel magnetisirt, einen Draht erwärmt, physiologische und elektroskopische Wirkungen ausübt; es war damit erwiesen, daß die vielen Partialströme, die den Nebenstrom bilden, in der Zeit nach einander fließen, und daß der Theil von ihnen, der mit dem Hauptstrome gleiche Richtung besitzt, schneller abfließt als der andere, der die entgegengesetzte Richtung verfolgt. Von Henry und mir wurde deshalb dem Gesamtnebenstrome eine dem Hauptstrome gleiche Richtung beigelegt. Dem Nebenstrome eine bestimmte Richtung zuzuschreiben, ist unumgänglich nöthig, um den Zusammenhang

1) Gelesen in der Akad. d. Wiss. 12. Nov. 1863.

der Erscheinungen bei der Vereinigung mehrerer Nebenströme aufzufassen. Zwei gleiche Gesamtnebenströme fügen sich zu einander, wenn sie gleichgerichtet sind, und heben einander auf, wenn sie entgegengerichtet sind, ebenso wie es zwei einfache Ströme thun, deren Partialströme alle gleiche Richtung haben. — Was Faraday dem Nebenstrom im Allgemeinen beigemessen hat, tritt in einem besondern Falle ein. Eine unvollkommene Wirkung des Stromes ist die Ablenkung der Magnetnadel, welche nur die in den einzelnen Partialströmen bewegte Elektricitätsmenge, nicht die Geschwindigkeit ihrer Bewegung angiebt, und erst beginnt, nachdem eine relativ lange Zeit nach der Strombewegung verflossen ist. Hier wirken die in gerader Zahl vorhandenen verschiedenen Partialströme wirklich als gleichzeitige und die Gesamtwirkung aller dieser Ströme, von welchen je zwei eine gleiche Elektricitätsmenge und entgegengesetzte Richtung besitzen, muß nothwendig Null seyn. Die Magnetnadel bleibt in Ruhe und die Ablenkung steht als Prüfungsmittel des Nebenstromes noch hinter der Magnetisirung zurück; denn so wenig wir auch aus dieser zu schliessen verstehen, so zeigt sie doch das Daseyn eines Stromes an, die Ablenkung nicht einmal dieß. Es ist deshalb öfter versucht worden, die Partialströme Einer Richtung des Nebenstromes abzuschwächen und dadurch die der entgegengesetzten Richtung zur Wirkung zu bringen. Aber diese Versuche sind bisher entweder ganz erfolglos oder von unsicherem zweifelhaften Erfolge gewesen. Buff hat die Benutzung des Stromes der leydenen Batterie aufgegeben, die vom Conductor einer Elektrisirmaschine auf eine Kugel schlagenden Funken als erregenden Strom benutzt, und so Ablenkungen der Magnetnadel durch den Nebenstrom und ein merkwürdiges Resultat über das Auftreten des Nebenstromes im Hauptdrahte erhalten, das ich im Verlaufe dieser Abhandlung näher angeben werde.

Es ist mir jetzt gelungen, Ablenkungen der Magnetnadel von den verschiedenen Nebenströmen der leydenen Batterie zu erhalten durch ein so kräftig wirkendes Ver-

fah
che
we
Ers
abe
Lö

M

lich
ver
aus
gew
tion
We
tors
Ein
ang
ten,
dur
von
Ver
in
den
den
bei
Stie
ein
ver
qde
ein
die
des
Oef
so

1)
2)

fahren, daß diese Versuche jederzeit mit vollkommener Sicherheit des Erfolges angestellt und mit einander verglichen werden können. Dadurch haben sich einige räthselhafte Erscheinungen aufhellen lassen, die der Nebenstrom bietet, aber freilich auch neue Räthsel geknüpft, die noch ihre Lösung erwarten.

Magnetische Ablenkung durch den Strom in einem Nebendrahte.

1. Der von Neeff 1838 erfundene ¹⁾ selbstbewegliche Magneto-Inductionsapparat, der von Ruhmkorff 1851 verbessert und seitdem in immer größeren Dimensionen ausgeführt, als Ruhmkorff'scher Apparat sehr bekannt geworden ist, liefert schnell auf einander folgende Inductionsströme von abwechselnd entgegengesetzter Richtung. Werden diese Ströme durch das Gewinde eines Multiplicators geleitet, so lassen sie die Magnetnadel unabgelenkt. Eine Ablenkung, und zwar im Sinne der bei Oeffnung der angewandten voltaschen Kette erregten Ströme, wird erhalten, wenn man in der Leitung eine Lücke anbringt und dadurch die der Schließung der Kette entsprechenden Ströme vom Multiplicator ausschließt. Gauguin änderte diesen Versuch glücklich ab, indem er die Lücke, statt in freier, in stark verdünnter Luft herstellte zwischen zwei Elektroden von sehr verschiedener Gröfse ²⁾. Hierzu wurde in dem als elektrisches Ei bekannten Apparate, die eine der beiden einander gegenüberstehenden Kugeln nebst ihrem Stiele mit einer isolirenden Substanz bekleidet und nur eine sehr kleine Stelle der Kugel nackt gelassen. Der so veränderte Apparat wurde mit dem Namen *oeuf-soupape* oder *soupape électrique* belegt, weil seine Wirkung der eines Ventils ähnlich ist. Leitet man nämlich, nachdem die Luft im Ventile hinlänglich verdünnt ist, die Ströme des Ruhmkorff'schen Apparates so hindurch, daß der Oeffnungsstrom von der bedeckten zur nackten Kugel geht, so erfolgt die Ablenkung der Nadel an einem in die Lei-

1) Pogg. Ann.* Bd. 46. S. 104.

2) *Compt. rendus** T. 40, p. 640. Pogg. Ann. Bd. 95 S. 163.

tung eingeschalteten Multiplicator, und zwar im Sinne des Oeffnungsstromes; hingegen bleibt die Ablenkung aus bei entgegengesetzter Lage der beiden Kugeln. Ich habe dem Ventil eine einfachere leicht herzustellende Einrichtung gegeben und mehrfache Versuche über Erwärmung und magnetische Ablenkung damit angestellt. Die Erwärmung eines Drahtes sowol durch die Ströme des Inductorium (Ruhmkorff'schen Apparats) wie durch den Entladungsstrom der leydenen Batterie war am stärksten bei der Stellung des Ventils welche, bei Anwendung des Inductorium, keine oder eine sehr geringe Ablenkung der Magnetnadel gab. Ich schloß hieraus, daß durch das Ventil sowol der Schließungs- wie der Oeffnungs-Strom hindurchgehen könne, eine Folgerung, der Gaugain auf das Entschiedenste entgegentrat. Nach seiner Meinung waren die Schließungsströme auf seinen Apparat ohne den geringsten Einfluß und der Apparat wirkte als Ventil nur für die Oeffnungsströme¹⁾. Hiernach war zu erwarten, daß, wenn das Ventil, was noch fraglich blieb, bei dem Nebenstrom der leydenen Batterie anwendbar war, nur der dem Hauptstrom gleichgerichtete Strom in der magnetischen Ablenkung merklich seyn würde, nach meiner Ansicht mußte es auch der entgegengerichtete. Die Versuche, die ich erst seit einem Jahre ausführen konnte, als ich einen Multiplicator erhielt, der vergleichbare Ablenkungen lieferte, entsprachen meiner Erwartung in nicht geahntem Grade. Das Ventil erwies sich als ein äußerst sicheres nie versagendes Mittel, um von allen Nebenströmen der leydenen Batterie Ablenkungen der Magnetnadel in dem einen oder andern Sinne zu erhalten und dadurch diese Ströme näher kennen zu lernen, als es bisher möglich war.

2. Das von mir beschriebene Ventil²⁾ Fig. 1 Taf. VI im Durchschnitte und in halber GröÙe abgebildet, besteht aus einem hohlen Glascylinder, in dem die Luft verdünnt

1) *Comptes rendus** T. 42, p. 17.

2) Monatsberichte 1855, S. 395. Pogg. Ann. Bd. 96, S. 179.

wird, nachdem er durch eine aufgelegte Glasplatte luftdicht abgeschlossen ist. Auf die Mitte der Glasplatte ist ein Elfenbeinstab gekittet, durch den ein Platindraht von $\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke hindurchgeht, der in der innern Fläche der Platte endigt und äußerlich mit einer Leitung verbunden werden kann. Im Innern des Cylinders steht auf einem Messingstiele eine Messingscheibe von 11 Linien Breite, parallel der Deckplatte und eine Linie von ihr entfernt.

Um die Lage des Ventils in der Leitung kurz anzugeben, werde ich mich des Ausdrucks bedienen, das Ventil habe, in Bezug auf einen Strom von angegebener Richtung die *Spitzenstellung*, wenn jener Strom, im Fall er durch den Cylinder ginge, von der Platinspitze der Deckplatte zur Messingscheibe gehen müßte, und werde mit *Flächenstellung* die entgegengesetzte Stellung bezeichnen. Es soll damit keineswegs gesagt seyn, daß der genannte Strom im Versuche wirklich durch den Cylinder geht. Der Multiplikator, den ich schon bei andrer Gelegenheit gebraucht habe ¹⁾, besteht aus 57 Windungen eines mit Guttapercha dick umprefsten Kupferdrahtes und einer an einem Coconfaden hängenden Doppelnadel von geringer Richtkraft.

3. Das Gewinde des Multiplikators wurde durch zwei $\frac{1}{4}$ Linie dicke Kupferdräthe, zusammen 49 Fufs lang, in die Schließung einer leydener Batterie gebracht, in welcher sich außerdem eine ebene, aus 13 Fufs Kupferdrath gewundene Spirale von 14 Windungen und $5\frac{1}{4}$ Zoll Breite, und eine mit Wasser gefüllte Röhre befand. Die Entladung der Elektrizitätsmenge $\frac{1}{2}$ Linie von einander standen, aus 3 Flaschen von 2,6 Quadratfufs Belegung, brachte eine Ablenkung von 2 und 3 Graden am Multiplikator hervor. Die Richtung der Ablenkung entsprach der des Entladungsstromes, und ich werde sie hier und in der Folge als positive bezeichnen. Darauf entfernte ich die Wasserröhre aus der Schließung, löste die Enden der beiden zum Multiplikator führenden Drähte und verband sie durch eine ebene, der

1) Monatsberichte 1857, S. 379.

beschriebenen symmetrisch gleiche Drahtspirale. Diese (Neben-) Spirale wurde der im Schließungsbogen der Batterie, der ganz metallisch hergestellt war, befindlichen (Haupt-) Spirale bis 1 Linie normal genähert, und bildete mit dem Gewinde des Multipliers und den dahin führenden Drähten die Nebenschließung. In dieser Nebenschließung war eine Lücke gelassen, welche ein elektrisches Ventil einnahm, in dem die Luft bis 2 Linien Quecksilberdruck verdünnt war. Ich werde die Stellung des Ventils in Bezug auf einen Strom angeben, der in der Nebenspirale mit dem Entladungsstrom in der Hauptspirale gleiche Richtung besitzt. Die Ladung der Batterie war die bereits angegebene.

Ablenkung am Multiplikator durch den Nebenstrom, bei

Spitzenstellung	Flächenstellung
des Ventils	

— 5 Grad	+ 6
----------	-----

— 4	+ 5,5
-----	-------

— 4,5	+ 5
-------	-----

Aus diesen Beobachtungen folgt, was sich später im vollsten Maasse bestätigte, daß der Entladungsstrom der leydenen Batterie eine Magnethadel viel weniger ablenkt, als der durch ihn in einer Spirale von nur 13 Fufs Drahtlänge unter keineswegs günstigen Bedingungen erregte Nebenstrom und daß der Nebenstrom, wenn er durch ein elektrisches Ventil geht, die Nadel sowol im Sinne eines Stromes ablenkt, der dem Hauptstrome gleichgerichtet ist, wie im Sinne des entgegengerichteten Stromes. Die erste Ablenkung erfolgt, wenn der gleichgerichtete Nebenstrom zuerst die Scheibe, die zweite, wenn er zuerst die Spitze des Ventils trifft. Daraus folgt die zur Anwendung bequeme Regel: *Mit Hilfe des el. Ventils und bei jeder Stellung desselben, lenkt der Nebenstrom der leydenen Batterie die Magnethadel im Sinne eines Stromes ab, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.*

4. Dieß merkwürdige und, was die Stellung des Ventils bei den entgegengesetzten Ablenkungen betrifft, mir unerwartete Ergebniss wurde durch den Nadelmultiplikator

aufser Zweifel gesetzt. Sonst aber ist diese Versuchsart nicht zu empfehlen, weil das Nadelsystem häufig seine Richtung und Stellung ändert und weiter auseinanderliegende Versuche nicht mehr vergleichbar sind. Zu allen folgenden Versuchen bediente ich mich eines Wiedemann'schen Spiegelgalvanometers ¹⁾ das in letzter Zeit von Sauerwald häufig ausgeführt und mit Drahtrollen versehen ist, deren genügend isolirte Windungen den ungestörten Durchgang von Batterieströmen gestatten. Ein magnetisirter Stahlspiegel schwebt an einem Coconfaden in einer Kupferbüchse von 6 Lin. Wanddicke, die durch eine Holzbüchse ersetzt werden kann, und wirft das Bild einer 1505 Mm. entfernten Millimeterscale in ein Fernrohr. Die Ablenkung des Spiegels um einen Scalentheil entspricht demnach $\frac{1718,9}{1505}$

= 1,14 Bogenminute. Jede der beiden vom Spiegel beliebig zu entfernenden Drahtrollen, durch welche der elektrische Strom geleitet wird, besitzt 40 Windungen eines $\frac{1}{4}$ Linie dicken Kupferdrahtes von angeblich 30 Fufs Länge, der mit Cautschuk und einem gefilzten Zeuge umhüllt ist. Wo es nicht anders gesagt ist, habe ich mich bei den folgenden Versuchen, zur Schonung des Spiegels, nur Einer Drahtrolle und der Kupferbüchse bedient. Diese Büchse hebt nicht nur die Schwingungen des Spiegels in wenigen Sekunden auf, sondern verhindert auch die Magnetisirung desselben durch den elektrischen Strom.

5. Ich setzte den Schließungsbogen der Batterie ganz metallisch zusammen und fügte dazu eine der in (3) erwähnten ebenen Spiralen von 13 Fufs Drahtlänge. Die Elektrizitätsmenge 10 wurde aus 3 Flaschen entladen und die Ablenkung am Galvanometer beobachtet. Darauf wurde das elektrische Ventil mit Luft von 2 Lin. Druck in die Schließung aufgenommen und die Beobachtung bei verschiedener Stellung des Ventils wiederholt.

1) Wiedemann, Lehre vom Galvanismus.* Braunschw. 1861, Bd. 2, S. 199.

Es erfolgte bei metallischer Schließung die
 Ablenkung + 10,5 Scth.
 Spitzenstellung d. Ventils . . . + 10,5
 Flächenstellung + 10,0

Von dem ganzen Schließungsbogen wurde ein kleiner Theil zur Hauptschließung der Batterie gemacht, und darin eine ebene Spirale von 13 Fufs Drathlänge aufgenommen. Der übrige Theil des Schließungsbogens, zu dem die Galvanometerrolle, das elektrische Ventil und die ebene Spirale gehörten, wurde als Nebenschließung benutzt, indem zugleich diese Spirale der in der Hauptschließung befindlichen normal bis 1 Linie genähert wurde. Die Verbindung der Dräthe war der Art, daß ein dem Hauptstrom gleichgerichteter Nebenstrom positive Ablenkungen am Galvanometer geben mußte, und die Stellung des Ventils wird auf diesen Strom bezogen. Die Ladung der Batterie geschah wie früher. Der Nebenstrom gab

bei Spitzenstellung des Ventils die Ablenkung — 40,5 Scth.
 Flächenstellung + 43

Es zeigt sich hier, daß das Ventil auf die Ablenkung durch den Hauptstrom der Batterie ohne Einfluß bleibt, und wiederholt, daß diese Ablenkung viel geringer ist, als die durch den Nebenstrom bewirkte. Daß vermuthlich die Galvanometerrolle den Nebenstrom vergrößert, die Ablenkung also durch einander folgende Ströme verschiedener Ordnung hervorgebracht wird, lasse ich hier unberücksichtigt, wo es allein darauf ankommt, die Ergebnisse von Versuchen darzulegen.

Die GröÙe der Ablenkung durch den Nebenstrom, die hier das Vierfache der durch den Hauptstrom hervorgebrachten beträgt, ist nicht constant und variirt bedeutend mit dem Luftdrucke im Ventile. Was aber die Richtung dieser Ablenkung betrifft, so ist sie in weiter Gränze von dem Luftdrucke unabhängig und ihre Beobachtung bildet einen leichten und sichern Versuch, zu dessen Anstellung weder ein vollkommener Apparat, noch besondere Vorsicht nöthig ist. Wenn man sicher ist, daß der Luftdruck im

Ventile nicht viel weniger als 2 Linien und nicht viel mehr als 5 Zoll beträgt, so kann man aus dem Anblicke der Verbindung des Ventils mit der Galvanometerrolle mit Bestimmtheit voraussagen, nach welcher Seite die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom erfolgen wird. Die Elektrizitätsart, mit der die Batterie geladen ist und die Verbindung des Galvanometers mit Mitte oder Ende der Nebenspirale ist gleichgültig. Die Ablenkung geschieht, wie oben bereits angegeben ist, im Sinne eines Stromes, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.

6. Um die Abhängigkeit der Ablenkung von dem Luftdrucke im Ventile aufzuzeigen, wurde zuerst die stärkste Verdünnung gebraucht, und durch allmähliches Zulassen von Luft der volle Luftdruck hergestellt. Die Stellung des Ventils wird, wie früher, auf einen Nebenstrom bezogen, der in der Nebenspirale dem Hauptstrome gleichgerichtet ist, und letzterer wiederum durch Entladung der Menge 10 aus 3 Flaschen erhalten

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom, bei		
Druck im Ventil		Spitzenstellung
Zoll	Linien	des Ventils
	$\frac{4}{3}$	— 36 Scth.
	4	— 29
	6	— 28,5
	1	— 19,5
	2	— 16,5
	4	— 9
	8	— 4,5
	10	— 2
	12	— 0,6
	14	+ 1,5
	18	+ 6,5
	22	+ 14,3
	25	+ 22,3
	28	+ 35,4
	5 $\frac{1}{2}$	+ 31

Mit Vermehrung der Luft im Ventil von $\frac{1}{4}$ Linien Quecksilberdruck bis zu vollem Luftdrucke nimmt die magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom bei beiden Stellungen des Ventils zuerst ab und zuletzt wieder zu. Bei der Flächenstellung ist diese Aenderung der Gröfse der Ablenkung langsam und die Ablenkung geschieht stets nach derselben Seite, die einem dem Hauptstrome gleichlaufenden Nebenstrome entspricht. Bei Spitzenstellung des Ventils und dünner Luft darin erfolgt die Ablenkung in dem Sinne eines dem Hauptstrome entgegengerichteten Stromes, nimmt mit zunehmendem Luftdrucke schnell ab, ändert zuletzt das Zeichen und nimmt dann wieder schnell zu. Die Wiederholung eines Versuches giebt bei der Spitzenstellung stärker abweichende Zahlen, als bei der Flächenstellung, und in der Nähe des Luftdruckes, wo die Ablenkung ihr Zeichen ändert, also von 10 bis 14 Zoll Druck an, ist selbst diefs Zeichen nicht constant. Es ist zu erwarten, dafs diese Unsicherheit schon bei einem kleineren Drucke eintritt, wenn man bedeutend stärkere Ladungen der Batterie, als hier, anwendet; doch habe ich keinen solchen Versuch angestellt, der, ohne ein besonderes Interesse zu bieten, die Galvanometerrolle gefährdet haben würde. Bei 14 Zoll und höherem Drucke erfolgt die Ablenkung bei jeder Stellung des Ventils zumeist im Sinne eines dem Hauptstrome gleichgerichteten Stromes, und im Allgemeinen sind bei Flächenstellung des Ventils die Ablenkungen gröfser als bei Spitzenstellung. Nur bei vollem Luftdrucke gab die Spitzenstellung, wie ich öfter gesehen habe, eine gröfsere Ablenkung als die Flächenstellung.

7. Die bisher aufgeführten Versuche zeigen, dafs das elektrische Ventil, bei gehöriger Verdünnung der Luft darin, von den beiden entgegengesetzt gerichteten Strömen, die den Nebenstrom bilden, denjenigen zur sichtlichen Wirkung kommen läfst, dessen Lauf von der Fläche zur Spitze des Ventils geht. Es könnte aber seyn, dafs auch der anders gerichtete Strom, nur mit bedeutend geringerer Elektricitätsmenge, durch das Ventil ginge. Dann müfste ein zwei-

tes V
ein z
gröfs
Vent
erst
in (6

I
Vent
den
Able
ter,
ware

Wen
ersch
tätam
dem

Magn

8
hülle
drei
tiirt
auf
erreg
Aber
Schl
ausg
Neb
war
1)

tes Ventil, das der Bildung des anders gerichteten Stromes ein zweites Hinderniß entgegengesetzt, die Ablenkung vergrößern, die durch Ein Ventil bewirkt wird. Zwei gleiche Ventile, in welchen der Luftdruck 2 Linien betrug, wurden erst einzeln, dann gleichzeitig in die Schließung des, wie in (6) erregten Nebenstromes gebracht.

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom, bei

	Spitzenstellung	Flächenstellung
des Ventils 1	— 34 Seth.	+ 37
2	— 35,5	+ 37
beider Ventile	— 35	+ 36

Die nahe gleiche Ablenkung bei Anwendung von Einem Ventile und von beiden Ventilen lehrt, daß Ein Ventil nur den Strom zu Stande kommen läßt, dessen Richtung die Ablenkung angiebt. Als beide Ventile mit entgegengesetzter, abwechselnder Stellung in die Schließung eingeschaltet waren, erfolgten die Ablenkungen

+ 10,5 + 14 + 12,5 + 14

Wenn also das Entstehen beider Ströme in gleicher Weise erschwert wird, so kommt mit sehr verminderter Elektrizitätsmenge der Strom zu Stande, der in der Nebenspirale dem Strome in der Hauptspirale gleichgerichtet ist.

Magnetisirung von Stahladeln durch den Haupt- und Neben-Strom der Batterie.

8. In Versuchen die ich über den Einfluß von Metallhüllen auf die Magnetisirung angestellt habe¹⁾, wurden drei Nadeln durch dieselbe Entladung der Batterie magnetisirt. Auf die erste Nadel wirkte der Hauptstrom allein, auf die zweite der Hauptstrom und zugleich der durch ihn erregte Nebenstrom, auf die dritte der Nebenstrom allein. Aber die Wirkung des Nebenstromes allein liefs keinen Schluß zu auf die durch Haupt- und Nebenstrom zugleich ausgeübte Wirkung, da es häufig vorkam, daß die vom Nebenstrom magnetisirte Nadel entgegengesetzt gerichtet war der vom Hauptstrom magnetisirten, und dennoch der-

1) Monatsberichte 1863, 346.

selbe Nebenstrom die Wirkung des Hauptstromes verstärkte. Es war vorauszusehen, daß dieser Widerspruch fortfallen würde, wenn die beiden entgegengesetzt gerichteten Theile des Nebenstromes von einander geschieden würden und nur einer von ihnen zu Stande käme.

Es wurde der am angeführten Orte S. 356 beschriebene Apparat gebraucht. Zwei gleiche cylindrische Spiralen, jede von 46 Windungen, waren in dem Schließungsbogen der Batterie angebracht. Die erste Spirale blieb leer, in die andere wurde eine Spirale von 220 Windungen geschoben, deren Enden durch eine gleiche Spirale mit einander verbunden waren. In diese Nebenschließung wurde jetzt durch die beiden Drähte (3) die Rolle des Spiegelgalvanometers, und in eine Lücke der Schließung ein el. Ventil eingeschaltet. Bei jedem Versuche wurden 3 Stahlnadeln von $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge in die Spiralen gelegt und magnetisirt. Die Magnetisirung, deren Richtung durch die Stellung des Ventils bestimmt wurde, war so stark, daß ich eine viel schwächere Ladung der Batterie, als in den frühern Magnetisierungsversuchen, gebrauchen mußte. Statt der Elektrizitätsmenge 15 wurde hier nur die Menge 8 aus 3 Flaschen entladen, und dennoch eine stärkere Magnetisirung erhalten als früher. Die Stellung des Ventils wie die Zeichen der Magnetisirung und der durch den Nebenstrom bewirkten Ablenkung am Galvanometer sind in Bezug auf einen Strom gegeben, der in der Nebenspirale dem Hauptstrome gleichgerichtet wäre. Der Luftdruck im Ventile stieg während der Versuche von $\frac{5}{4}$ auf 4 Linien.

Stellung des Ventils	Ablenkung durch den Nebenstrom	Magnetisirung durch den		
		Haupt- strom	Haupt- u. Nebenstrom	Neben- strom
Angabe des Magnetoskops				
Flächenstellung	+ 2,7 Scalentheile	+ 22,7 Grade	+ 58	+ 53
	+ 3,8	+ 21,5	+ 61	+ 62,4
Spitzenstellung	- 3,2	+ 24,5	- 26,1	- 59
	- 3,3	+ 21,7	- 19	- 58,7
Flächenstellung	+ 3,3	+ 26,2	+ 62	+ 59
	+ 3,3	+ 21,7	+ 59,7	+ 61,2
Spitzenstellung	- 3,3	+ 22	- 28,5	- 59,7
	- 3,5	+ 20,7	- 30,5	- 61,7
Flächenstellung	+ 3,3	+ 21,7	+ 61	+ 59,2
	Spitzenstellung	- 3,2	+ 24,1	- 24,6

9. Der Einfluss des durch ein Ventil gegangenen Nebenstromes auf die vom Hauptstrome bewirkte Magnetisirung tritt hier auf das Klarste hervor. Wenn der Nebenstrom allein dem Hauptstrome gleichgerichtet magnetisirt, verstärkt er, mit jenem vereint, die Magnetisirung; wo er ihm entgegengerichtet magnetisirt, bestimmt er die Richtung der gemeinschaftlich magnetisirten Nadel. Dafs er im zweiten Falle nicht blofs den vom Hauptstrome erregten Magnetismus schwächt, rührt davon her, dafs der Hauptstrom aus 46, der Nebenstrom aus 220 Spiralwindungen auf die Nadel wirkt.

Auffallend bei diesen Versuchen bleibt nur, dafs bei gleichartiger Wirkung beider Ströme der Hauptstrom sehr wenig, bei entgegengesetzter Wirkung sehr kräftig wirkt. Unter positiven Zeichen sind die Magnetisirungen durch den Nebenstrom allein und durch beide Ströme zugleich wenig von einander verschieden, unter negativen Zeichen aber sehr bedeutend. Es kommen Fälle vor, in welchen bei den Verstärkungen der Nebenstrom allein stärker magnetisirt, als mit dem Hauptstrome vereint. Diefs hat nicht den Grund, dafs die stärksten Magnetisirungen dem Sättigungszustande der Nadeln nahe lagen. In einer früher angestellten Versuchsreihe, in welcher das Galvanometer und die zu ihm führenden Drähte fehlten, trat der bemerkte Umstand viel auffallender hervor, indem alle positiven Magnetisirungen durch den Nebenstrom allein gröfser waren, als die gleichzeitig durch den Haupt- und Nebenstrom bewirkten, und zugleich erstreckten sich die Ablenkungen am Magnetoskope bis 80 Grad. Es liegt also hier wieder einer jener räthselhaften Fälle vor der gleichzeitigen Magnetisirung durch verschiedene Ströme, von welchen in dem angeführten Aufsatze Beispiele gegeben wurden.

10. Die Richtung der Magnetisirung durch den Nebenstrom bei Anwendung des elektrischen Ventils mit dünner Luft unterliegt derselben Regel, wie die der Ablenkung am Galvanometer. *Der Nebenstrom magnetisirt bei jeder Stellung*

des Ventils im Sinne eines Stromes, der von der Scheibe zur Spitze des Ventils geht.

Merkwürdig ist die starke Magnetisirung durch einen schwachen Nebenstrom, der am Galvanometer eine Ablenkung von nur $3\frac{1}{2}$ Scalentheilen hervorbrachte. Erregt man den Nebenstrom in einer ebenen Spirale und läßt ihn durch ein Ventil gehn, so giebt er das leichteste und kräftigste Mittel, einer Stahlnadel durch die Batterie Magnetismus in einer und der andern Richtung zu ertheilen. Der Nebenstrom übertrifft hierin bei Weitem einen Hauptstrom, der eine gleiche Ablenkung am Galvanometer hervorbringt, und es wird hieraus der große Einfluß klar, der bei gleichzeitiger Magnetisirung durch Haupt- und Nebenstrom dem letztern zukommt.

11. Im Schließungsdrahte der Batterie, im Fall er weder durch ungewöhnliche Länge noch eine besondere Einrichtung die Bildung des Nebenstromes begünstigt, kommt wesentlich nur der Entladungsstrom zur Wirkung, der nur nach einer Seite gerichtet ist. Das elektrische Ventil muß demnach auf die durch den Strom bewirkte magnetische Ablenkung ohne Einfluß bleiben. Da aber, wie die Untersuchung der Erwärmung im Bogen gelehrt hat, die Art der Entladung des Stromes je nach der Stellung des Ventils eine verschiedene ist, so war zu erwarten, daß das Ventil die Magnetisirung ändern werde. In die Schließung einer Batterie von 3 Flaschen, die mit der Menge 12 geladen wurde, war die Rolle des Galvanometers, eine cylindrische Spirale von 46 Windungen und das Ventil eingeschaltet. Bei jedem Versuche wurde eine $2\frac{1}{2}$ zöllige Stahlnadel in die Spirale gelegt und danach am Magnetoskope geprüft. Der Luftdruck im Ventile betrug zwei Linien. Die Richtung der Ablenkung und Magnetisirung entsprach überall der Richtung des Entladungsstromes.

Ablenkung und Magnetisirung durch den Hauptstrom, bei
Spitzenstellung Flächenstellung

des Ventils			
Ablenkung	Magnetisirung	Ablenkung	Magnetisirung
+ 11,5 Seth.	+ 16,5 Grad	+ 11,5 Seth.	+ 29,7 Grad
11,5	17	12	30,1
12	17	12	32,5
12	18,6	11,5	34,4
		12,3	34,1
11,7	21,5	12	33,7

Die magnetische Ablenkung durch den Hauptstrom ist dieselbe, das Ventil mag gegen ihn die Flächenstellung oder die Spitzenstellung haben, aber die Magnetisirung ist bei der Flächenstellung bedeutend stärker. Es kommt dieß völlig überein mit frühern Versuchen, in welchen die Erwärmung im Schließungsbogen viel größer bei der Flächenstellung des Ventils gefunden wurde, als bei der Spitzenstellung¹⁾.

Magnetische Ablenkung durch die Ströme höherer Ordnung.

12. Der secundäre Strom der Batterie, vorzugsweise Nebenstrom genannt, erregt in einem Drahte, der einem Theile seiner Schließung parallel nahe liegt, den tertiären Strom, dieser in gleicher Weise den Strom 4ter Ordnung u. s. f. Alle diese Nebenströme der Batterie, wenn sie durch ein el. Ventil mit hinlänglich dünner Luft geschickt werden, lenken die Nadel des Multiplicators nach derselben Regel ab, indem die Richtung der Ablenkung einem Strome entspricht, der von der Fläche zur Spitze des Ventils geht. Ich habe dieß bis zum Strome fünfter Ordnung verfolgt, zweifle aber nicht, daß es auch bei Strömen noch höherer Ordnung statt finden werde. Bei einem einzelnen Versuche mit dem Ventile läßt sich also an der magnetischen Ablenkung kein Unterschied wahrnehmen zwischen einem Nebenstrom irgend einer Ordnung und dem Strome nächst niederer oder höherer Ordnung. Ein solcher Unterschied

1) Monatsberichte 1855. 397. Pogg. Ann. Bd. 96 S. 181.

tritt aber in auffallender Weise hervor, wenn man eine längere Versuchsreihe anstellt, bei der die Luft im Ventile von starker Verdünnung successiv zum vollen Luftdrucke gebracht wird. Diefs zeigen die folgenden Versuche.

13. Die in (3) beschriebene Spirale von 13 Fufs Drahtlänge wurde im Schließungsbogen der Batterie so angebracht, daß der Entladungsstrom in ihre Mitte eintrat und aus ihrem Ende austrat. Der Spirale stand in 1 Linie Entfernung die gleiche Nebenspirale normal gegenüber, und diese wurde durch zwei Drähte mit einer ebenen Spirale von 31 Umgängen und 53 Fufs Drahtlänge (der secundären Hauptspirale) in der Art verbunden, daß die Mitte jeder Spirale mit dem Ende der andern in Verbindung stand. Der secundären Hauptspirale wurde eine ihr gleiche Spirale (die tertiäre Nebenspirale) bis 1 Linie normal genähert, und zur Untersuchung des tertiären Stromes die Enden der letztern mit der Galvanometerrolle und dem Ventile verbunden.

Ich bemerke sogleich, daß auch in der Folge je zwei Spiralen, die zu Einem Kreise gehörten, an entgegengesetzten Enden mit einander verbunden wurden. Dadurch ist die Angabe des Sinnes der Ablenkung und der Stellung des Ventils bei einem Nebenstrome jeder Ordnung leicht und unzweideutig. Da nämlich jene Angabe stets auf den Hauptstrom bezogen wird, und durch die angegebene Verbindung der Spiralen ein dem Hauptstrom gleichgerichteter Strom in jeder Spirale von der Mitte zum Rande laufen mußte, so sagt das positive Zeichen der Ablenkungen, daß sie in dem Sinne eines Stromes geschehn, der aus dem Randende der letzten Spirale austritt, und »Spitzenstellung des Ventils« daß die Platinspitze des Ventils mit jenem Ende metallisch verbunden ist. Zur Erläuterung des Gesagten füge ich die schematische Zeichnung des Apparates hinzu, der bei Untersuchung des Stromes 5ter Ordnung gebraucht wurde. In Fig. 2 Taf. VI deuten die Pfeile die ebenen Spiralen an, die Spitzen daran entsprechen den Randenden, und geben zugleich die Richtung gleichlaufender Ströme.

Mit
beze
1
best
3 F

sten
eine
eine
satz
die
dem
chen
lung
len
I
rate
und
Spir
norm
Po

Mit r ist die Rolle des Galvanometers, mit v das el. Ventil bezeichnet. Letzteres steht in der Figur in Spitzenstellung.

14. Bei den folgenden Versuchen mit dem tertiären Strome bestand, wie oben bei dem secundären, die Batterie aus 3 Flaschen und wurde mit der Menge 10 geladen.

Magnetische Ablenkung durch den tertiären Strom, bei			
Luftdruck im Ventile		Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	1,5	— 32	+ 31
	5	— 29	+ 29
1		— 25	+ 19
2		— 19	+ 14
4		— 16	+ 13
8		— 14,5	+ 6
12		— 10	+ 4
16		— 11,5	+ 1 ,5
20		— 13	+ 0 ,3
24		— 14	— 5
28	2	— 15	— 13,5

Wie bei dem secundären Strome erfolgen hier die meisten Ablenkungen bei Flächenstellung des Ventils im Sinne eines dem Hauptstrome gleichgerichteten, bei Spitzenstellung eines ihm entgegengerichteten Stromes. Aber im Gegensatz zu den Versuchen am secundären Strome sind es hier die Ablenkungen bei der Spitzenstellung, die mit wachsendem Luftdrucke langsam abnehmen und durchweg ihr Zeichen behalten, während die Ablenkungen bei Flächenstellung des Ventils schnell sinken und in der Nähe des vollen Luftdruckes ihr Zeichen ändern.

15. Die letzte Spirale an dem eben benutzten Apparat wurde mit einer ebenen Spirale von 31 Windungen und 53 Fufs Drahtlänge verbunden, dieser eine gleiche Spirale (Nebenspirale 4ter Ordnung) in 1 Linie Entfernung normal nahegestellt und die Nebenspirale durch die Galva-

nometerrolle und das Ventil geschlossen. Die Ablenkungen, mit Ausnahme der eingeklammerten, wurden wie bisher durch Entladung der Menge 10 aus 3 Flaschen erhalten.

Magnetische Ablenkung durch den Strom vierter Ordnung, bei			
Luftdruck im Ventile		Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	$1\frac{3}{4}$	— 23 Scth.	+ 23
	5	— 21	+ 22
1		— 18	+ 18
2		— 14	+ 16
4		— 8	+ 14,5
8		— 6	+ 13,5
12		— 2	+ 11
16		+ 1	+ 10,5
20		+ 6,5	+ 9
24		(+ 6)	(+ 14)
28	$1\frac{1}{2}$	(+ 10)	(+ 16)

Bei dem Luftdrucke von 24 und 28 Zoll mußte die Elektrizitätsmenge 12 zur Ladung der Batterie gebraucht werden, weil sonst der Strom nicht durch das Ventil ging. Bei dem Strome vierter Ordnung ist es wieder, wie bei dem Strome zweiter Ordnung, die Flächenstellung des Ventils, welche die langsam abnehmenden, durchweg gleichgerichteten, Ablenkungen liefert.

16. Um den Strom fünfter Ordnung zu erhalten, wurde die letzte der gebrauchten Spiralen mit einer cylindrischen Spirale von 52 Fuß Drahtlänge verbunden, zwischen deren 32 Windungen, 1 Linie von ihnen entfernt, eine gleiche Spirale gewunden war, welche die Nebenspirale 5ter Ordnung bildete. Mit dieser wurden Galvanometerrolle und Ventil verbunden. Die Batterie mußte hier stärker als früher, nämlich mit der Menge 15 geladen werden.

Magnetische Ablenkung durch den Strom fünfter Ordnung, bei			
Luftdruck im Ventile		Spitzenstellung	Flächenstellung
Zoll	Linien	des Ventils	
	1 $\frac{3}{4}$	— 22 Scth.	+ 23
	5	— 22	+ 22
1		— 20	+ 16
2		— 15,5	+ 13,5
4		— 16	+ 10,5
8		— 13	+ 5,5
12		— 11	+ 3,5
16		— 12	0
20		— 12	— 5,5
24		— 15	— 7,5
28	1	— 14,5	— 6

Bei dem Drucke von 16 Zoll und Flächenstellung des Ventils wurde keine Ablenkung erhalten, obgleich der Strom mit einem hellen Funken durch das Ventil ging. Der Strom fünfter Ordnung entspricht in dem Verlaufe der durch ihn bewirkten Ablenkungen ganz dem Strome dritter Ordnung; bei beiden ist es die Spitzenstellung des Ventils, welche die langsame Abnahme gleichgerichteter Ablenkungen zur Folge hat.

17. Giebt man diesen Versuchen, wie es wol erlaubt ist, allgemeine Geltung, so folgt aus ihnen der Satz: *Bei Flächenstellung des Ventils und successiver Zunahme des Luftdrucks darin tritt die langsame Abnahme gleichgerichteter Ablenkungen ein bei den Strömen gerader Ordnung, eine schnelle Abnahme und Wechsel der Richtung bei den Strömen ungerader Ordnung.*

Bei der Spitzenstellung des Ventils gilt der Satz nach Vertauschung der beiderartigen Ströme.

Mit Hülfe dieser beiden Sätze kann über einen vorhandenen Nebenstrom, bei Kenntniß seiner Lage gegen den Hauptstrom, leicht entschieden werden, ob er von gerader oder ungerader Ordnung ist. Am sichersten geschieht die Entscheidung durch Beobachtung der Abnahme auf einan-

der folgender Ablenkungen, wenn der Luftdruck im Ventile von 4 bis 16 Zoll geändert wird. Bequemer scheint dazu die Benutzung des Ventils mit vollem Luftdrucke und das Aufsuchen der Stellung desselben, bei welcher eine der Regel widersprechende Richtung der Ablenkung eintritt. Geschieht Diefs bei der Flächenstellung, so liegt ein Strom ungerader Ordnung vor, und ein Strom gerader Ordnung wenn es bei der Spitzenstellung geschieht. Aber die Richtung der Ablenkung bei vollem Luftdrucke im Ventile ist nicht so constant, als dafs man die Entscheidung ohne öftere Wiederholung des Versuches treffen könnte.

18. Der Name elektrisches Ventil deutet auf die Eigenheit des Instruments, bei gehöriger Verdünnung der Luft darin, von den beiden Theilen des Nebenstromes der Batterie nur den Theil zu Stande kommen zu lassen, der seinen Lauf von der Scheibe zur Spitze des Ventils nimmt. Ob Diefs auch bei einem gröfsern Complexe entgegengerichteter Ströme geschehen würde, mufste der Versuch entscheiden, und es war von vornherein nicht zu bestimmen, dafs das Ventil dieselbe Eigenheit auch bei den Strömen höherer Ordnung beibehalten werde. Die Dichtigkeit, und daher der Ursprung der zu sondernden Ströme ist auf die Wirkung des Ventils von grösstem Einflufs, wie der schroffe Gegensatz zeigt, in dem der Gauguin'sche Versuch zu allen Versuchen dieser Abhandlung steht. In diesem bekannten Versuche wird nämlich die Magnetaedel durch den Oeffnungsstrom des Inductorium nur dann abgelenkt, oder doch bei Weitem am stärksten abgelenkt, wenn der Strom zuerst die Spitze des Ventils trifft. Die Ablenkung erfolgt also im Sinne eines Stromes, der von der Spitze zur Fläche des Ventils geht.

Ich habe diese Ausnahme von der an der leydenener Batterie gewonnenen Regel auch deshalb nicht unerwähnt lassen wollen, weil mir das Ventil, mit den hier niedergelegten Erfahrungen, geeignet scheint, uns über den vielbenutzten Strom des Inductorium, den verwickeltsten aller elektrischen Ströme, einige Aufklärung zu verschaffen.

Mag

fsun
oder
stro
kun
ist
weil
den
Län
ihne
bei
eine
dur
am
wel
gel
wel
von
Mul
wes
dun
sch
Mul
wie
wel
ang
Wi
den
wur

1)

Magnetische Ablenkung durch den Nebenstrom im Schließungsdrahte der Batterie.

19. Es ist oben (11) bemerkt worden, daß im Schließungsdrahte der Batterie, wenn er nicht durch große Länge oder eine besondere Einrichtung die Bildung des Nebenstromes begünstigt, wesentlich der Hauptstrom die Ablenkung der Magnetnadel bewirkt. Eine jener Einrichtungen ist die Anlegung eines Zweiges an den Schließungsdraht, weil alsdann der in jedem Zweige erregte Nebenstrom durch den andern Zweig ablaufen kann. Sind die Zweige an Länge oder Form von einander verschieden, so kommt in ihnen ein Nebenstrom zu Stande, durch den man, wenn er bei Unterbrechung der Leitung auf die Magnetnadel wirkt, eine größere Ablenkung hervorzubringen vermag, als die durch den Hauptstrom bewirkte. Buff hat Dies zuerst am Conductor der Elektrisirmaschine nachgewiesen, von welchem er anhaltend Funken auf eine nahestehende Kugel schlagen ließ. Von der Kugel führte ein Draht, in welchem sich eine durch zwei kleine Kugeln gebildete Lücke von $\frac{1}{4}$ Millimeter Weite befand, zu der Drahtrolle eines Multipliers mit Doppelnadel. Die Rolle hatte, was hier wesentlich ist, eine geringe Drahtlänge und nur 30 Windungen; ihr freies Ende war mit dem Reibzeuge der Maschine verbunden. Es wurden einige Ablenkungen am Multiplier beobachtet und darauf diese Beobachtungen wiederholt, nachdem an zwei Punkten der Leitung, zwischen welchen die Lücke und der Multiplier lag, ein Drahtzweig angelegt war, zu dem eine cylindrische Spirale von 138 Windungen und 4 Meter Drahtlänge gehörte. Bei verschiedener Länge der vom Conductor überschlagenden Funken wurden folgende Ablenkungen erhalten ¹⁾.

Funkenlänge Millimeter	Ablenkung am Multiplier	
	Ohne Zweig	Mit Zweig
25	+ 2,5 Grad	— 12
28	+ 2	— 28
30	+ 2	— 26

1) Ann. d. Chemie und Pharm^{ie}. 86, 311 (1853).

Man sieht hier den Hauptstrom die Nadeln um 2 Grad ablenken und den Nebenstrom, der durch einen Theil jenes Stromes in der Spirale erregt wurde, eine viel größere, im zweiten Versuche die 14fache Ablenkung hervorbringen. Die entgegengesetzten Zeichen der Ablenkung lehren, daß es der dem Hauptstrom gleichgerichtete Nebenstrom war, welcher den durch die Zweige gebildeten Kreis und die darin angebrachte Lücke durchlief. Diefes Ergebnifs ist an dem einfachsten Apparate, durch die Verschiedenheit der Zweige und die Unterbrechung in freier Luft des einen Zweiges erhalten worden.

20. Mit Anwendung des elektrischen Ventils erhält man am Schließungsdrahte der Batterie, und zwar bei gleichen wie ungleichen Zweigen, eine überraschende Wirkung des Nebenstromes in einem Versuche, den Feddersen angegeben hat, aber mit gänzlicher Umgehung des Nebenstroms deuten will ¹⁾. Folgende ist eine Wiederholung des interessanten Versuchs. An dem Wiedemann'schen Galvanometer wurden beide Drahtrollen aufgesetzt, so daß der magnetisirte Spiegel sich zwischen ihnen befand. Die Rollen waren durch zwei Drähte an entgegengesetzten Enden mit einander verbunden; die Mitte des einen Verbindungsdrahtes stand mit dem Theile der Schließung, der zur innern Belegung der Batterie führte, die Mitte des andern mit der äußern Belegung in Verbindung. Der Schließungsdraht der Batterie theilte sich also in zwei völlig gleiche Zweige, welche den Stahlspiegel einschlossen, und zu jedem Zweige gehörte eine Drahtrolle. Da nun der Entladungstrom nach seiner Theilung die Rollen in entgegengesetzter Richtung durchlief, so konnte der Spiegel nur die Differenz der Ablenkungen zeigen, die ihm die Rollen einzeln

1) Ber. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1861. Pogg. Ann.* Bd. 115, S. 336. Nach der Bemerkung am Schlusse des Aufsatzes zu urtheilen, sieht Feddersen in seinem Versuche den entscheidenden Beweis für die Annahme, daß der Entladungstrom im Schließungsdrahte zu öftern Malen hin- und zurückfließe. Wirklich ist es der auffallendste Versuch, der zur Stütze dieser Annahme angestellt worden ist.

ertheilt haben würden. Es war leicht, die Entfernung der Rollen vom Spiegel so zu reguliren, daß keine Ablenkung eintrat, als die Elektrizitätsmenge 6 aus 3 Flaschen durch den Bogen entladen wurde. Darauf wurde in jeden Zweig ein Ventil eingeschaltet, nahe der Stelle, wo der Entladungsstrom eintrat, und den Ventilen gegen diesen Strom die entgegengesetzte Stellung gegeben. Die Luft in den Ventilen hatte 2 Linien Quecksilberdruck. Die Entladung der genannten Menge aus der Batterie brachte nun eine Ablenkung des Spiegels hervor (nach steigenden Zahlen der Galvanometerscale) von $+ 136$ Scfh. und, als jedes Ventil in seinem Zweige umgekehrt war, von $- 128$ Scfh.

Die starken Ablenkungen nach entgegengesetzter Richtung rühren von den beiden Nebenströmen her, die in den Rollen der Zweige erregt und durch die Stellung der Ventile so gerichtet werden, daß sie sich bei der Ablenkung des Spiegels unterstützen. Da nämlich die Ventile gegen den zwischen ihnen eintretenden Hauptstrom in entgegengesetzte Stellung gebracht sind, so befinden sie sich in gleicher Stellung gegen einen Strom, der in einem Zweige erregt ist und beide Zweige durchläuft. In der einen Rolle kommt der dem Hauptstrome gleichgerichtete, in der andern der ihm entgegenlaufende Nebenstrom zu Stande, und beide Ströme müssen den Spiegel nach derselben Seite ablenken. Man braucht nur ein Schema des Apparats zu entwerfen und die Regel anzuwenden, daß ein Nebenstrom stets im Sinne eines Stromes ablenkt, der von der Fläche zur Spitze des Ventils geht, um in jedem Versuche die Richtung der Ablenkung vorauszusagen.

21. Uebersichtlicher wird der Versuch in folgender vereinfachten Form. Ich verband durch zwei, einige Fuß lange Drähte die gleichgelegenen Enden der Galvanometerrollen, und sodann die Mitte jedes Verbindungsdrahtes mit einer der beiden Belegungen der Batterie. Es blieb nur die Rolle des einen Zweiges in der Nähe des Spiegels und die des andern wurde von ihm so weit entfernt, daß auch ein starker Entladungsstrom durch sie gehen konnte, ohne

den Spiegel zu bewegen. Bei schiefer Stellung der Rollenwindungen gegen die Ebene des Spiegels war dazu eine Entfernung von 19 Zoll mehr als hinreichend.

Es wurde die in (20) gebrauchte Ladung (Elektricitätsmenge 6 in 3 Flaschen) zuerst durch den ganz metallischen Schließungsbogen geschickt und in 3 Versuchen die Ablenkung beobachtet. Dann wurden die Beobachtungen wiederholt, nachdem in jedem Zweige ein Ventil angebracht (Luftdruck darin $1\frac{3}{4}$ Lin.) und beiden Ventilen gegen den Entladungsstrom die entgegengesetzte Stellung gegeben war. In der folgenden Tafel ist nur die Stellung des Ventils in dem Zweige angegeben, der auf den Spiegel wirkt, woraus sich die Stellung des Ventils im entfernten Zweige ergibt.

Magnetische Ablenkung durch einen Zweig d. Schließungsbogens, bei ganz metallischer		
Schließung	Spitzenstellung des Ventils im Zweige	Flächenstellung
+ 3,8 Scalentheile	— 75	+ 95
+ 4,0	— 80	+ 93
+ 4,0	— 82	+ 92

In der ganz metallischen Schließung rührt die Ablenkung allein vom ungestörten Hauptstrome her, weil der in der einen Drahtrolle erregte Nebenstrom von dem ihm gleichen aber entgegengerichteten Nebenstrome der andern Rolle aufgehoben wird. Nach Einschaltung der Ventile kommt von jedem Nebenstrome nur ein Theil zu Stande, und da beide Theilströme gleichgerichtet sind, so ist ihnen die Ablenkung in bei Weitem überwiegenden Maasse zuzuschreiben. Die Richtung dieser Ablenkung ist der vielfach aufgezeigten Regel des Nebenstromes gemäß, und die GröÙe derselben im Vergleich mit der Ablenkung durch den Hauptstrom (sie erreicht hier das 23fache) kann nicht im Geringsten auffallen. Als (5) der Nebenstrom in einer ebenen Spirale von 14 Umgängen und 13 Fufs Drahtlänge aus der Entfernung von 1 Linie erregt war, betrug die Ablenkung durch den Nebenstrom schon das Vierfache der durch den Hauptstrom bewirkten Ablenkung; hier wird

der
ralen
Draht
ablen
Haupt
läuft
Haupt
Zweig
stärk
sem
Spiegel
zeich
Zweig
benst
benst
gend
der
word
2
suche
citäts
Schaf
Ablen
wurde
einen
gefüll
derho
fsung
in der
Mag

In
welch

der Nebenstrom im Innern selbst zweier cylindrischen Spiralen erregt, von welchen jede 40 Windungen bei 30 Fufs Drahtlänge besitzt. Bei der Spitzenstellung des Ventils im ablenkenden Zweige kommt in der Rolle desselben der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom zu Stande und läuft durch den andern Zweig; in diesem entsteht der dem Hauptstrome gleichgerichtete Strom, der durch den ersten Zweig geht und die durch ihn bewirkte Ablenkung verstärkt. Die schematische Zeichnung des Apparats bei diesem Versuche ist Taf. VI Fig. 3 gegeben. Mit s ist der Spiegel, mit r sind die Drahtrollen, mit v die Ventile bezeichnet. Bei Flächenstellung des Ventils im ablenkenden Zweige sind die beiden in den Rollen entstehenden Nebenströme entgegengesetzter Art und Richtung. Der Nebenstrom jeder Drahtrolle hat zwei, gegen ihn gleichliegende Ventile zu durchlaufen, dass aber dadurch die Grösse der Ablenkung nicht vermindert wird, ist in (7) gezeigt worden.

22. Die magnetische Ablenkung wird in diesen Versuchen durch einen Strom bewirkt, der aus zwei Elektrizitätsquellen, den beiden Galvanometerrollen, entspringt. Schafft man die eine Quelle fort, so muss eine geringere Ablenkung eintreten. Die vom Spiegel entfernte Rolle wurde aus ihrem Zweige fortgelassen, und ihre Stelle durch einen 19 Linien langen 0,119 Linie dicken Platindraht ausgefüllt. Mit dieser Veränderung wurden die Versuche wiederholt. Die Ablenkung durch die ganz metallische Schliessung zeigt, dass dieselbe Theilung des Entladungstromes in den Zweigen stattfand, wie bei Anwesenheit der Rolle.

Magnetische Ablenkung durch einen Zweig des Schliessungsbogens, bei

ganz metallischer Schliessung	Spitzenstellung des Ventils im Zweige	Flächenstellung
+ 4,0 Scb.	— 19	+ 42
+ 4,0	— 18	+ 40
+ 4,0	— 18	+ 41

In den Zweigen der ganz metallischen Schliessung, von welchen der eine Zweig die grössere Länge und die Spi-

ralform hat, kam zwar ein Nebenstrom zu Stande, konnte aber Nichts zur Ablenkung beitragen, weil er einen geschlossenen Kreis durchlief. Die Ablenkung durch den Nebenstrom bei Flächenstellung des Ventils beträgt nur das Zehnfache der durch den Hauptstrom bewirkten, ist also ganz der Erwartung entsprechend, die Ablenkung bei der Spitzenstellung ist dagegen bedeutend kleiner. Zugleich traf es sich nicht selten (in der mitgetheilten Reihe bei dem Versuche einer vierten Beobachtung) dafs bei der Spitzenstellung des Ventils keine Ablenkung eintrat, und der Hauptstrom gröfstentheils durch den vom Spiegel entfernten Zweig übergang. Diefs ist eine Folge davon, dafs bei dieser Stellung der Ventile der dem Hauptstrome entgegengerichtete Nebenstrom entstand, der bei seiner geringen Dichtigkeit niemals in ganzer Stärke durch die Ventile ging, während in (21) sein vollständiger Uebergang dadurch gesichert war, dafs er durch den dem Hauptstrome gleichgerichteten Nebenstrom der zweiten Rolle unterstützt wurde, der eine gröfsere Dichtigkeit, als er, besitzt. Ging der Nebenstrom schon nach den ersten Partialentladungen der Batterie nicht durch die Ventile, so gingen alle folgenden Partialentladungen allein von Fläche zu Spitze des im entfernten Zweige befindlichen Ventils.

Bei der vollkommenen Uebereinstimmung mit den Gesetzen der Ablenkung durch den Nebenstrom, zeigen die Versuche in (21) und (22) das Auftreten des Nebenstromes in der Hauptschließung der leydenen Batterie nicht minder deutlich, als meine früheren Versuche über die Erwärmung der Zweige 1).

1) Monatsberichte 1859, S. 6. Pogg. Ann. Bd. 106, S. 207.

II.
VV

In d
nente
tersue
Müll
sächli
net e
und
wider
(Jou
der si
Geset
Dime
wicke
sione
sind,
vorbr

Lo
nach
den
den
Richt
an al
in ein
wie v

H
diese

1) A
X
P.
2) D

II. Der Satz von Thomson in Bezug auf die Wirkung der Elektromagnete und Folgerungen aus demselben; von Julius Dub.

In der Einleitung zu seiner Abhandlung über den remanenten Magnetismus sagt Joule¹⁾: »Die werthvollen Untersuchungen, welche neuerdings von Weber, Robinson, Müller, Dub u. A. angestellt sind, beziehen sich hauptsächlich auf die Anziehung des Ankers und sind nicht geeignet einen der obigen Sätze (hinsichtlich der Stromstärke und der Drahtlänge der Spirale) zu bestätigen oder zu widerlegen; und die richtige Ansicht ist wahrscheinlich die (Joule brieflich mitgetheilte) des Hrn. Prof. Thomson, der sie beide nur als untergeordnete Sätze des allgemeinen Gesetzes ansieht, »dafs ähnliche Stangen von verschiedenen Dimensionen, auf ähnliche Weise mit Drahtgewinden umwickelt, deren Längen den Quadraten ihrer linearen Dimensionen proportional und von gleichen Strömen durchflossen sind, eine gleiche Kraft auf ähnlich liegende Punkte hervorbringen.«

Ich hatte diesen Satz so allgemein aufgefaßt, wie er nach der hier gegebenen Darstellungsweise genommen werden kann, dafs nämlich auch ähnlich liegende Punkte in den ähnlichen Stangen gemeint wären²⁾ und deshalb die Richtigkeit des Satzes bestritten. Denkt man dagegen nur an ähnlich liegende Punkte ausserhalb der Stäbe, also etwa in einer Magnetnadel, so ist der Satz vollkommen richtig, wie wir sogleich sehen werden.

Hr. Wiedemann hat zuerst die Uebereinstimmung dieses Satzes mit den von mir über die Form der Magnet-

1) *Proc. of Roy. Soc. T. VII. p. 488 bis 490; Phil. Mag. (4) XI. 77 bis 79; Phil. Trans. 1856 p. 287 bis 295; Berl. Ber. 1855 p. 504; Dub Elektrom. S. 309.*

2) Dub, Elektromagnetismus S. 310.

kerne aufgestellten Sätzen hervorgehoben, sagt aber dabei¹⁾: »Diese Uebereinstimmung der Sätze von Dub mit dem von Thomson ist indeß noch kein Beweis für die allgemeine Gültigkeit der ersteren, denn abgesehen vom Eintreten der Sättigung, muß Thomson's Satz auch unter anderen Bedingungen der Magnetisirung eines Stabes durch eine Magnetisirungsspirale gelten. Da nach diesem Satze der Stab von n facher Masse an allen seinen einzelnen Stellen gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen ist, wie die entsprechenden Stellen des ihm ähnlichen Stabes von einfachen Dimensionen, so muß, welches auch sonst die Art der Magnetisirung sey, in allen Fällen die Zahl der in gleichem mittleren magnetischen Zustande befindlichen ähnlich liegenden Theilchen der Stäbe sich wie ihre Massen verhalten, und ebenso müssen sich auch die magnetischen Momente der Stäbe verhalten.«

I. Der Beweis des Satzes von Thomson.

An einer anderen Stelle sagt Hr. Wiedemann ferner über den Satz von Thomson²⁾: »Der einzige Satz, welcher bei der ungleich starken Einwirkung elektromagnetisirender Kräfte auf die einzelnen Theile beliebig gestalteter, z. B. gerader Eisenstäbe *a priori* eine allgemeinere rationelle Gültigkeit bewahrt, ist bisher der von Thomson aufgestellte.«

Wenn ich nun nicht irre, so glaubt Hr. Wiedemann in dem zuerst gegebenen Citat diesen Beweis *a priori* für den Satz von Thomson geliefert zu haben; allein ich kann diese Meinung nicht theilen. Hr. Wiedemann sagt daselbst: »Da nach diesem Satze der Stab von n facher Masse an allen seinen einzelnen Stellen *gleichen* magnetisirenden Kräften unterworfen ist, wie die entsprechenden Stellen des ihm ähnlichen Stabes von einfachen Dimensionen, so usw.«

Von einem Stabe von n facher Masse, den wir lieber von n fachen Dimensionen und also von n^3 facher Masse

1) Wiedemann Elektrom. S. 349.

2) Pogg. Ann. Bd. 117. S. 240.

nennen wollen, kann man weder behaupten, daß er in allen seinen einzelnen Stellen gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen ist, wie die entsprechenden Stellen des einfachen Stabes, noch kann man sagen (was Hr. Wiedemann wohl meint), alle einzelnen Theilchen hätten dieselbe magnetische Intensität, wie die entsprechenden Theilchen des einfachen Stabes. Wäre dieß der Fall, so müßte die Wirkung auf einen *ähnlich liegenden* Punkt außerhalb des Stabes die n fache von der des einfachen Stabes seyn. Denn wegen der n fachen Entfernung würde die Wirkung *jedes einzelnen Punktes* das $\frac{1}{n^3}$ fache und wegen der n^3 fachen Masse das $n^3 \cdot \frac{1}{n^3}$ fache also das n fache von der des einfachen Stabes seyn.

Da nun aber nach Thomson's Satz die auf einen ähnlich liegenden Punkt ausgeübte Kraft nicht das n fache, sondern das einfache von der des einfachen Stabes ist, so muß der Magnetismus *jedes einzelnen Punktes* des Stabes von n fachen Dimensionen $\frac{1}{n}$ von dem *jedes Punktes* des einfachen Stabes seyn. *Alle ähnlich liegenden Stellen sind also weder gleichen magnetisirenden Kräften unterworfen, noch haben sie gleiche magnetische Intensität, wie die entsprechenden Stellen des einfachen Stabes.*

Hr. Wiedemann befindet sich also im Irrthume, wenn er durch die obige Deduction einen Beweis *a priori* des Satzes von Thomson gegeben zu haben meint. Ich muß ganz entschieden an der Möglichkeit eines solchen Beweises zweifeln, weil sich eben *a priori* die Intensität der einzelnen Theilchen nicht herleiten läßt.

Nimmt man dagegen die bis jetzt bekannten Sätze über den Elektromagnetismus als richtig an, so folgt aus denselben Thomson's Satz; besonders sind es die beiden von mir nachgewiesenen Sätze in Bezug auf die Länge und den Durchmesser der Magnetherne, aus denen dieser Satz sich als *specieller Fall* ergibt.

1. Der Magnetismus eines Elektromagneten ist der Anzahl der ihn bedeckenden Spiralwindungen proportional.

2. Der Magnetismus verschieden langer Elektromagnete wächst wegen der Vermehrung der Massentheilchen des Eisens (d. h. bei gleichem Polabstande) der Quadratwurzel ihrer Länge proportional, wenn auf ihnen dieselbe magnetisirende Kraft proportional vertheilt ist.

3. Der Magnetismus verschieden dicker Elektromagnete ist *caeteris paribus* der Quadratwurzel ihrer Durchmesser proportional.

Diese sind die Sätze, aus denen man den Satz Thomson's herzuleiten im Stande ist. Bedenkt man, daß ein einem anderen ähnliches Drahtgewinde von n -fachen Dimensionen n -fache Weite und n -fache Windungszahl haben und eben deshalb n^2 -fache Drahtlänge besitzen muß, so kann man Thomson's Satz auch kürzer so aussprechen:

Stangen von n -fachen Dimensionen mit n -facher Windungszahl ähnlich bewickelt üben auf n -fache Entfernungen gleiche Kraft aus.

Um zu diesem Satze zu gelangen hat man hinsichtlich der drei genannten Sätze Folgendes zu erwägen.

1. Die Menge der Theilchen eines Eisenkernes von n -fachem Durchmesser ist bei gleicher Länge die n^2 -fache von der eines Kernes von einfachem Durchmesser. Da nun aber wegen des n -fachen Durchmessers eines Magnetkernes *caeteris paribus* der freie Magnetismus desselben nur in dem Verhältniß von $1 : \sqrt{n}$ steigt, und wir die Vertheilung des Magnetismus in dickeren Stäben analog der in dünneren annehmen können; so muß die magnetische Intensität jedes einzelnen Theilchens wegen der zunehmenden Dicke in dem n -mal so dicken Stabe nur die $\frac{\sqrt{n}}{n^2}$ -fache von der in den einzelnen Theilen des Kernes von der einfachen Dicke seyn.

2. Durch die n -fache Länge eines Stabes wird die Menge der Theilchen die n -fache von der des Stabes von der einfachen Länge. Nun wächst aber nach dem zweiten Satze

der fr
masse
lich ist
einzeln
chen d
3.
Spirale
nifs vo
tismus

4.
auf de
jedes e
chen d
Ver
ähnlich
verhalt

1) v
2) v
3) v
4) v
5) v
die W
Wirku
verhalt

W
den Sa
Zu
Punkte
Theilch

der freie Magnetismus wegen der Vermehrung der Eisenmasse durch die Länge nur im Verhältniß von $1 : \sqrt{n}$, folglich ist bei n facher Länge die magnetische Intensität jedes einzelnen Theilchens nur die $\frac{\sqrt{n}}{n}$ fache von der der Theilchen der einfachen Länge.

3. Wegen der n fachen Windungszahl der galvanischen Spirale steigt der Magnetismus *caeteris paribus* im Verhältniß von $1 : n$, es muß also aus diesem Grunde der Magnetismus jedes einzelnen Theilchens der n fache werden.

4. Wegen der n fachen Entfernung von dem Punkte, auf den der Magnet seine Kraft ausübt, ist die Wirkung jedes einzelnen Theilchens das $\frac{1}{n^2}$ fache von der der Theilchen des einfachen Magneten.

Vergleichen wir nun die Wirkung zweier ähnlichen und ähnlich liegenden Theilchen, deren Größen sich wie $1 : n^3$ verhalten, so verhalten sich die Wirkungen

1) wegen der n fachen Dicke wie $1 : \frac{\sqrt{n}}{n^2}$,

2) wegen der n fachen Länge wie $1 : \frac{\sqrt{n}}{n}$,

3) wegen der n fachen Windungszahl wie $1 : n$,

4) wegen der n fachen Entfernung wie $1 : \frac{1}{n^2}$,

5) wegen der n^3 fachen Masse wie $1 : n^3$; d. h.

die Wirkungen ähnlich liegender Theilchen, mithin die Wirkungen der ganzen Stäbe, auf ähnlich liegende Punkte verhalten sich wie

$$1 : \frac{\sqrt{n}}{n^2} \cdot \frac{\sqrt{n}}{n} \cdot n \cdot \frac{1}{n^2} \cdot n^3, \text{ oder wie } 1 : 1.$$

Wir sehen also, daß die vorn genannten drei Sätze den Satz Thomson's als einen speciellen Fall einschließen.

Zugleich folgt aus den unter 1, 2 und 3 angeführten Punkten, welche die magnetische Intensität der einzelnen Theilchen feststellen, daß diese $\frac{1}{n}$ von der der einzelnen

Theilchen des Stabes von einfachen Dimensionen ist, wie dieß schon vorn hervorgehoben ist.

Nimmt man nun andrerseits den Satz von Thomson als feststehend an, so werden durch ihn Fingerzeige für einen neuen Weg geboten, auf welchem die vorn genannten drei Sätze experimentell zu veranschaulichen seyn. Da dieser Weg ein Mittel zur sicheren Begründung der Sätze ist, so habe ich denselben in der hier nachstehenden Weise verfolgt.

II. Experimenteller Nachweis des Satzes von Thomson.

Der eben gegebene Beweis des Satzes von Thomson hat natürlich nur in sofern Kraft, als man die Sätze zugiebt, auf die er sich gründet. Wenn ich daher die Sache umzukehren beabsichtige, wenn ich aus dem Satze Thomson's die von mir behaupteten beiden Sätze über die Dimensionen des Magnetkernes herleiten will, so bedarf natürlich jener Satz zunächst einer anderen Begründung. Wie schon vorn bemerkt, ziehe ich in Zweifel, dafs hierzu ein anderer Weg als das Experiment offen steht. Dieser experimentelle Beweis wird um so mehr für jeden Physiker von Interesse seyn, als, so viel ich weifs, keine-Experimente in dieser Richtung veröffentlicht sind.

A. Die Meßmethoden.

Bevor ich zur Mittheilung der durch die Messungen erhaltenen Resultate schreite, muß ich noch der Methoden erwähnen, deren ich mich bei der Messung bediente. Ich habe sowohl bei der Prüfung des Thomson'schen Satzes, als auch bei allen hier folgenden Untersuchungen, deren zwei in Anwendung gebracht. Dieselben unterscheiden sich dadurch, dafs in dem einen Falle eine mit Zeiger versehene kurze Magnetsnadel direct, in dem anderen Falle die Ablenkung eines magnetisirten Stahlspiegels durch das Fernrohr beobachtet wurde.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dafs bei sorgfäl-

tigem
allein
später
lässig
Entfer
die M
beider
schied
beeintr
deuten
fernun
werde

Di
aufge
gen M
einges
gehän
zeiger
Kreise

U
der a
Messu
sungen
lenkun
Erdm
kende
tung
ger-zu
wandt
zur N
suche
man i
Ablese

Un
Pogge

tigem Verfahren beide Wege zu demselben Ziele führten, allein die erhaltenen Resultate erlangten dadurch, wie wir später noch besser erkennen werden, grössere Zuverlässigkeit, weil in den beiden verschiedenen Fällen die Entfernungen sehr verschieden seyn mußten, aus denen die Magnete auf das Meßinstrument wirkten. Durch die beiden Methoden wird zunächst klar, daß durch die verschiedenen Entfernungen die hier folgenden Gesetze nicht beeinträchtigt werden, wenn diese Entfernungen nur so bedeutend bleiben, daß die GröÙe der Nadel gegen die Entfernung von den Magneten als verschwindend betrachtet werden kann.

1. Messung mit der einfachen Nadel.

Die Messungen, mittelst deren ich die früher von mir aufgestellten Sätze gefunden hatte, waren mit einer 1" langen Magnetnadel unternommen, die in einem Glasgehäuse eingeschlossen und an einem 12" langen Coconfaden aufgehängt war. Die Nadel war auf einem 8" langen Kupferzeiger befestigt, dessen Spitze sich über einem getheilten Kreise bewegte.

Um nun zunächst zu sehen, ob nicht etwa die Länge der angewandten einzölligen Nadel für die vorliegenden Messungen zu groß sey, vertauschte ich nach einigen Messungen diese Nadel zunächst mit einer $\frac{1}{2}$ " langen. Die Ablenkungswinkel wurden dadurch nicht geringer, weil ja der Erdmagnetismus in demselben Verhältniß wie der ablenkende Magnet wirkungsloser wurde; allein die Beobachtung ward durch die Anwendung dieser Nadel, deren Zeiger zufällig größeres Gewicht hatte, als der der früher verwandten, bedeutend erschwert. Durch den im Verhältniß zur Nadel schweren Zeiger geräth dieselbe bei jedem Versuche in weit ausgreifende langsame Schwingungen, und man ist daher gezwungen, lange zu warten, ehe man die Ablesung vornehmen kann.

Um diesem Uebelstande abzuhelpen, befestigte ich eine

$\frac{1}{16}$ " lange Magnetnadel auf einem aus einer Glasröhre ausgezogenen, federleichten Glaszeiger, und brachte dies System an die Stelle des früheren. Nun zeigte sich die ganz entgegengesetzte Erscheinung, die aber keineswegs vortheilhaft war. Eine Nadel dieser Art macht *gar keine Schwingungen*. Wegen des Luftwiderstandes weicht dieselbe ganz langsam ab und bewegt sich, ihren Gang immer mehr verlangsamen, allmählich nach dem der ablenkenden Kraft des Magneten entsprechenden Theilstriche. Auf den ersten Blick erschien dies vortheilhaft, allein ich ward sehr überrascht, als ich mit dieser Nadel anfänglich ganz andere Resultate als mit der früheren erhielt. Sehr bald stellte sich jedoch heraus, daß diese ersten Beobachtungen deshalb fehlerhaft geworden waren, weil die Bewegung der Nadel vor dem Stillstande so langsam wurde, daß ich diese Bewegung, etwa wie bei dem Zeiger einer Uhr, nicht mehr bemerkte und die momentane Stellung für Stillstand angesehen hatte. Ich war bei Anwendung dieses Zeigers gezwungen noch länger auf die Ablesung zu warten, als bei dem weit ausschlagenden, wenn ich nicht fehlerhafte Beobachtungsergebnisse erhalten wollte. Es ist daher durchaus nicht rathsam, sich eines solchen Zeigers für die Nadel zu bedienen, weil neben den gleich großen Pausen, innerhalb deren eine Beobachtung vorgenommen werden kann, ein solches System noch den Uebelstand hat, daß ein bloßer Hinblick auf das Instrument nicht lehrt, ob die Bewegung beendigt ist oder nicht, während die pendelnden Schwingungen des Metallzeigers dies doch deutlich anzeigen.

Ich schliesse diese Darstellung mit der Bemerkung, daß ich trotz der Langsamkeit der Beobachtungen alle hier später erwähnten Sätze auch mit der eben besprochenen Nadel untersucht und mit den durch den Spiegel erhaltenen Resultaten in Uebereinstimmung gefunden habe. Um die Mittheilung nicht unnützer Weise zu verlängern, werde ich diese Resultate in dem Folgenden nicht alle wiedergeben, sondern nur einige beispielsweise mit anführen.

2. Beobachtungen mittelst des Fernrohrs.

Außer der directen Beobachtung an der Magnetonadel, wurden die Messungen auch mit dem von W. Weber in Vorschlag gebrachten und auch von Wiedemann angewandten Stahlspiegel gemacht, welcher Behufs der Dämpfung seiner Beweglichkeit in einer dicken Kupferhülse schwingt. Die Ablenkung des magnetisirten Stahlspiegels wurde durch ein Fernrohr beobachtet, unter welchem eine Scala angebracht war, die sich in dem Stahlspiegel abspiegelte und so die Größe des Ausschlags erkennen liefs. Die Scala ist in Millimeter getheilt, und man liest sehr bequem $\frac{1}{2}^{\text{mm}}$ ab, während man noch $\frac{1}{4}^{\text{mm}}$ schätzen kann. Kleinere Werthe waren nicht gut zu bestimmen, und wenn in den folgenden Versuchsergebnissen andere Bruchtheile vorkommen, so sind dieselben nicht durch directes Ablesen, sondern durch die Berechnung des Mittels aus mehreren Beobachtungen hervorgegangen. Bei den Ablesungen mittelst Fernrohrs wie bei denen mit der einfachen Nadel sind immer mindestens zwei Beobachtungen gemacht, indem die Wirkung des angewandten Magneten durch beide entgegengesetzte Stromesrichtungen hervorgerufen wurde.

Das angewandte Fernrohr stand 7 Fufs von dem Stahlspiegel entfernt. Hinter dem Fernrohr in einer Entfernung von 9 Fufs lagen die Magnete bei den meisten Versuchen.

Der galvanische Strom ging bei den Messungen durch das Fernrohr, wie bei den Versuchen mit der einfachen Nadel, von der Säule durch die Windungen der Magnetspiralen nach einem Vettin'schen Stromwender¹⁾. Von da führte die durch besponnenen Kupferdraht hergestellte Leitung nach der Tangentenbussole, welche 20 Fufs von den Magneten und 25 Fufs von dem Stahlspiegel entfernt stand, durchlief dann den in der Nähe der Tangentenbussole aufgestellten Rheostaten und ging von dort zur Säule zurück.

1) Dub, Elektromagnetismus S. 475.

3. Wirkung eines Magneten auf verschiedene Entfernung.

Ich habe bereits bemerkt, daß bei der Messung mittelst des Stahlspiegels die Entfernung der Magnete von dem Spiegel 9 Fufs betrug. Hätte ich bei den Entfernungen, welche als das Minimum für kleine Magnete sich herausstellten, die Entfernung vom Spiegel im Verhältniß der Dimensionen der Magnete wollen wachsen lassen, so würden die mir zu Gebot stehenden Räume, in denen ich die Messungen anstellte, nicht ausgereicht haben, besonders würde dieß dann nicht der Fall gewesen seyn, wenn das in der Ostwestrichtung dem Spiegel gegenüber stehende Fernrohr noch hindernd in den Weg tritt. Nachdem ich daher an der Bussole Messungen unter Zunahme der Entfernung der Magnete mit ihren Dimensionen angestellt und das Thomson'sche Gesetz bestätigt gefunden hatte, prüfte ich zunächst ob sich unter den hier gegebenen Bedingungen der Satz bestätigt fände, daß die Wirkung der Magnete auf die Nadel der dritten Potenz der Entfernung umgekehrt proportional sey. Die mit mehreren Magneten angestellten Versuche bestätigten dieß Gesetz vollkommen. Ich will daher hier nur einen Versuch mittheilen, den ich mit einem 4" langen, $\frac{1}{4}$ " dicken Magneten angestellt habe. Dieser Magnet wurde bei einer Stromstärke, welche die Nadel meiner Tangentenbussole auf 6° ablenkte, in der Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian so gelegt, daß seine Mitte nach einander 6", 12", 18", 24" und 30" von der Mitte der Nadel entfernt war. Unter dieser Bedingung erhielt ich folgende Reihe, in welcher e die Entfernung und α die Nadelablenkung bedeutet:

I.				
e	α	$\lg \alpha$	e^3	$e^3 \lg \alpha$
6"	41°	0,8693	1	869
12"	6° 10'	0,108	8	868
18"	1° 50'	0,032	27	864
24"	45'	0,01309	64	838
30"	24'	0,00698	125	873

Berücksichtigt man, daß bei den beiden letzten Versuchen die Beobachtungsergebnisse wegen der Kleinheit der Winkel nicht genauer erhalten werden konnten, so wird die Reihe durchaus als Bestätigung des Gesetzes dienen können.

Außer diesen Versuchen stellte ich nun sogleich die später anzuführenden Versuche mit Magnetformen nach Thomson's Vorschrift an. Dieselben wurden zunächst in die den Dimensionen entsprechenden Entfernungen gebracht und nachher so gelegt, daß ihre Mitten in gleichem Abstände von der messenden Nadel blieben. In letzterem Falle ergaben sich der Sache gemäß die dritten Potenzen der entsprechenden Dimensionen, so daß darnach außer Zweifel war:

„Die Kraft, mit der eine Magnetnadel durch einen Elektromagneten abgelenkt wird, ist der dritten Potenz der Entfernung der Mitte dieses Magneten von der Mitte der Nadel umgekehrt proportional.“

B. Specieller Fall des Thomson'schen Satzes.

Die ersten Messungen, welche ich mit ähnlichen Magnetkernen unternahm, wurden so angestellt, daß die Kerne in der Richtung senkrecht auf den magnetischen Meridian der abzulenkenden Magnetnadel in den entsprechenden Entfernungen gegenüber gelegt wurden. Die Kerne waren dabei ihrer ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt, deren Windungszahl sich im Verhältniß der Dimensionen vergrößerte. Die Spiralen umschlossen eng die Kerne.

Bei dem ersten Versuche verwandte ich 6 Magnetkerne, deren Länge zwischen 2" und 16" und deren Durchmesser zwischen $\frac{1}{4}$ " und 2" variierte. Mittelst dieser Magnete ergaben sich bei den angegebenen Entfernungen folgende Ablenkungen, welche das Mittel aus zwei Beobachtungen sind, die ich anstellte, indem ich den Strom in beiden entgegengesetzten Richtungen durch die Spiralen leitete. Die Wirkung der Spiralen allein ist von den hier gegebenen Mit-

teln abgezogen. l bedeutet die Länge und d den Durchmesser der Magnetkerne, während ϵ und α die Bedeutung wie in der Reihe No. I haben. Der angewandte galvanische Strom lenkte die Nadel meiner Tangentenbussole auf 20° ab.

II.

ϵ	l	d	α
6"	2"	$\frac{1}{4}$ "	$10\frac{1}{4}^\circ$
12"	4"	$\frac{1}{2}$ "	$10\frac{1}{4}^\circ$
18"	6"	$\frac{3}{4}$ "	$10\frac{1}{4}^\circ$
24"	8"	1"	$10\frac{1}{4}^\circ$
36"	12"	$1\frac{1}{2}$ "	$10\frac{1}{4}^\circ$
48"	16"	2"	$10\frac{1}{4}^\circ$

Außer dieser Reihe wurden noch mehrere mit denselben Magneten, aber bei größeren oder geringeren Entfernungen von der Magnetnadel und bei verschiedenen Stromesintensitäten ausgeführt. Ich halte es für überflüssig dieselben hier wieder zu geben, weil sie alle denselben Satz durch die Constanz der erhaltenen Werthe feststellten. Alle Reihen zeigten:

„Ähnliche Eisenstangen mit ähnlichen Spiralen umgeben üben auf ähnlich gelegene magnetische Punkte außerhalb der Eisenstangen gleiche Kraft aus.“

Nachdem durch diese Versuche die Constanz der Werthe unter den gegebenen Bedingungen festgestellt war, mußte nach dem Satze, daß der Magnetismus den dritten Potenzen der Entfernung proportional abnehme, der Magnetismus ähnlicher Elektromagnete den dritten Potenzen der Dimensionen proportional zunehmen, wenn diese Magnete so gelegt wurden, daß ihre Mitte stets in derselben Entfernung von der Magnetnadel blieb.

Wenn sich nun die Mitte der hier verwandten Elektromagnete in einer Entfernung von 2 Fuß von der Mitte der Magnetnadel befand, erhielt ich folgende Reihe, in welcher d den Durchmesser, l die Länge, n das Verhältniß dieser Werthe und α den Ablenkungswinkel der Magnetnadel bedeutet. Die Stromstärke, welche bei allen Versu-

chen dieselbe blieb, betrug 13° . Bei den berechneten Quotienten ist hier wie bei allen folgenden Reihen das Comma weggelassen.

III.

d	l	n	α	$\lg \alpha$	n^3	$\frac{\lg \alpha}{n^3}$
$\frac{1}{2}''$	$4''$	2	$2^\circ 20'$	0,04075	8	509
$\frac{3}{4}''$	$6''$	3	$7^\circ 50'$	0,1379	27	509
$1''$	$8''$	4	18°	0,325	64	508
$1\frac{1}{4}''$	$12''$	6	$47^\circ 40'$	1,0977	216	508
$2''$	$16''$	8	69°	2,605	512	509

Diese Versuchsreihe zeigt einerseits eine Bestätigung des Thomson'schen Satzes, während sie andererseits, da dieser Satz durch die vorige Reihe bereits festgestellt ist, eine Bestätigung dafür liefert, daß der Magnetismus unter den gegebenen Verhältnissen der dritten Potenz der Entfernung proportional abnimmt.

Nach diesen Resultaten war es mir von dem höchsten Interesse zu erfahren, ob die Spiegelbussole bei der Fernrohrablesung, in welchem Falle die Magnete weiter von dem Meßinstrument entfernt seyn mußten, zu demselben Resultat führen würde. Die Reihe der verwandten Magnete wurde für diesen Fall noch um einen vermehrt, welcher $24''$ Länge und $3''$ Durchmesser hatte. Die Magnete lagen 9 Fuß von dem Spiegel entfernt und waren von einem Strome umflossen, der die Nadel meiner Tangentenbussole auf 13° ablenkte.

IV.

d	l	n	$\lg \alpha$	n^3	$\frac{\lg \alpha}{n^3}$
$\frac{1}{2}''$	$4''$	2	1,37	8	171
$\frac{3}{4}''$	$6''$	3	4,5	27	167
$1''$	$8''$	4	10,5	64	164
$1\frac{1}{4}''$	$12''$	6	35	216	162
$2''$	$16''$	8	84,5	512	165
$3''$	$24''$	12	290	1728	167

Bedenkt man, daß die hier erhaltenen geringen Abweichungen durch so manche Fehlerquellen hervorgerufen seyn können, bedenkt man z. B. daß der erste Werth dadurch erhalten wurde, daß die Ablenkungen nach beiden Seiten hin 1,5 und 1,25 betragen hatten, so wird man erkennen, daß die Constanz der Quotienten nicht leicht größer seyn kann. Möglicher Weise könnte doch auch die hier mit 1,5 verzeichnete Beobachtung 1,4 gewesen seyn, was man nicht zu unterscheiden im Stande ist. In diesem Falle wäre dann das Mittel 1,32 gewesen und dies hätte einen Quotienten 165 gegeben, einen Werth, der dem bei dem 2" dicken Magneten genau gleich ist.

Es bestätigen also auch diese Versuche den Satz von Thomson aufs Genaueste.

C. Verallgemeinerung des Satzes von Thomson.

In drei Beziehungen sind die bisherigen Versuche zur Prüfung des Thomson'schen Satzes nur für einen speciellen Fall entscheidend, wenn der Satz überhaupt in der Allgemeinheit Geltung haben soll, wie ihn Joule ausspricht.

1. Der Satz muß auch richtig seyn, d. h. es muß sich auch das Verhältniß der dritten Potenzen ergeben, wenn die Kerne nicht in der Ost-Westrichtung dem Spiegel gegenüber gelegt werden.
2. Da « ähnliche Stangen auch dann auf ähnliche Weise mit Draht bewickelt » seyn können, wenn die Spiralen den Kern nicht seiner ganzen Länge nach, oder nicht gleichmäßig bedecken, so muß nach Joule's Darstellung auch dann der fragliche Satz gelten.
3. Ebenso schließt der genannte Ausdruck auch nicht die Bedingung ein, daß die Spiralen die Kerne eng umschließen.

Es unterliegt schon von vorn herein keinem Zweifel, daß das Gesetz sich auch unter der Bedingung ergeben werde, wenn die Kerne sich nicht in der Ost-Westrichtung befinden. Viel wichtiger, weil viel weniger *a priori* bestimmbar, ist aber die Frage, ob das Gesetz auch noch Geltung

habe, wenn die Spiralen den Kern weder ganz bedecken, noch ihn eng umschließen, aber den Verhältnissen desselben ähnlich geformt sind.

Die meisten Versuche, welche ich bisher mit Elektromagneten angestellt habe, sind unter der Bedingung ausgeführt, daß die Kerne ihrer ganzen Länge nach mit der Spirale bedeckt sind, und mehrere erfordern auch selbstverständlich eine gleichmäßige Vertheilung der Spiralwindungen auf der ganzen Kernlänge; allein ich habe schon an andern Orten Fälle aufgeführt¹⁾, in denen durch eine nicht gleichmäßige Vertheilung der Spiralwindungen über den ganzen Magnetkern die Gesetze nicht geändert werden.

In meiner neuesten Untersuchung über den Kerndurchmesser²⁾ habe ich gezeigt, daß auch in dem Falle der Magnetismus der Quadratwurzel des Kerndurchmessers proportional ist, wenn die Spiralwindungen den Kern nur theilweise bedecken.

Schon diese Beobachtungen sprechen dafür, daß auch in Bezug auf ähnliche Magnetkerne das von Thomson ausgesprochene Gesetz gelten werde, wenn die Bewicklungen einander ähnlich sind, ohne den ganzen Kern zu bedecken; daß also das Thomson'sche Gesetz wirklich die Allgemeinheit hat, in der es ausgesprochen ist.

Um dies zu prüfen, habe ich zwei Versuchsreihen ausgeführt, bei denen die Magnetkerne nicht in der Ost-West-Richtung lagen und nur theilweise von der galvanischen Spirale bedeckt wurden. In dem einen Falle umgab die Hälfte der Anzahl der Spiralwindungen, welche für die vollständige Bewicklung des Magnetkernes nöthig ist, die dem Stahlspiegel zugekehrte Hälfte der Magnetkerne. Bei der andern Versuchsreihe war die halbe Spirale so auf die Kerne gesteckt, daß sie mehr auf der andern Kernhälfte sich befand. Der Kern stand auf der dem Spiegel zugekehrten Seite $\frac{2}{3}$ seiner Länge aus der Spirale hervor. Die

1) Dub, Elektromagnetismus S. 161 u. f.

2) Pogg. Ann. Bd. 115, S. 215.

Richtung in welcher die Kerne lagen, bildete mit der Ost-Westrichtung einen Winkel von 20° .

In dem erstgenannten Falle, wo also die dem Spiegel zugekehrte Hälfte des Magnetkernes mit Spiralwindungen umgeben war, ergab sich folgendes Resultat:

V.

d	l	n	n^3	$lg a$	$\frac{lg a}{n^3}$
$\frac{1}{2}$ "	4"	1	1	1,35	135
1"	8"	2	8	10,25	128
$1\frac{1}{2}$ "	12"	3	27	35	130
2"	16"	4	64	85	133
3"	24"	6	216	285	132

In dem zweiten bereits genannten Falle, in welchem die Kerne nach der dem Spiegel zugekehrten Seite $\frac{2}{3}$ ihrer Länge aus der halben Spirale hervorragten, ergab sich folgendes Resultat:

VI.

d	l	n	n^3	$lg a$	$\frac{lg a}{n^3}$
$\frac{1}{2}$ "	4"	1	1	1,5	150
1"	8"	2	8	12	150
$1\frac{1}{2}$ "	12"	3	27	40,5	150
2"	16"	4	64	97,25	152
3"	24"	6	216	328	152

Beide hier aufgeführten Reihen, bei denen der angewandte Strom die Nadel meiner Tangentenbussole stets auf $8\frac{1}{2}^\circ$ ablenkte, setzen es außer Zweifel, daß der Satz von Thomson auch dann Geltung hat, wenn die Spiralen den Kern nicht seiner ganzen Länge nach bedecken und dabei ungleichmäßig auf ihm vertheilt sind.

Die Ungleichmäßigkeit der Vertheilung der Spiralwindungen könnte nun außer in der hier angewandten Weise noch darin bestehen, daß die Windungen an einzelnen Stellen mehr über einander gehäuft wären, als an anderen Stellen des Kernes. Zur Prüfung dieses Falles sind verschieden gewickelte Spiralen nöthig, welche mir für die

Thomson'schen Magnetformen nicht zu Gebot stehen. Allein wie wir später sehen werden, ist eine Untersuchung in diesem Sinne unnütz, da ich in dem Folgenden zeige, daß eine Bewicklung der genannten Art auch unter anderen Umständen, als den nach Thomson's Satz stattfindenden, das fragliche Gesetz nicht stört.

Um drittens zu untersuchen, ob sich auch dann noch dasselbe Gesetz herausstelle, wenn die Spiralwindungen die Kerne nicht eng umschließen, aber dem Durchmesser, so wie der Länge derselben proportional zunehmen, stellte ich nur einige Versuche an, welche auch unter dieser Bedingung den Erwartungen entsprachen:

VII.

d	l	D	W	n	n^3	$\lg a$	$\frac{\lg a}{n^3}$
$\frac{1}{4}$	6	1	84	3	27	2,25	833
1	8	$1\frac{1}{2}$	112	4	64	5,25	820
$1\frac{1}{2}$	12	2	168	6	216	18	833
2	16	3	224	8	512	42,5	830

In dieser Reihe bedeuten D die innere Weite der Spiralen, und W die Anzahl ihrer Windungen.

So sehen wir also, daß der Satz Thomson's ganz in der allgemeinen Fassung Geltung hat, wie ihn Joule ausgesprochen hat.

III. Schlüsse aus dem Satze von Thomson.

Wir haben gesehen, daß der Satz Thomsons sich aus den bekannten Sätzen über den freien Magnetismus der Elektromagnete herleiten läßt. Wenngleich nicht in Abrede zu stellen ist, daß durch diesen Zusammenhang mit dem Satze von Thomson, den wir doch nach dem Vorangehenden als unumstößlich anerkennen müssen, jene Sätze ebenfalls größere Wahrscheinlichkeit erhalten; so ist doch andererseits klar, daß Thomsons Satz auch ohne jene Sätze Geltung haben könnte. Wie dies unter verschiedenen Bedingungen möglich ist, liegt auf der Hand.

Die von mir behaupteten Sätze werden aber unumstößlich gewiss, wenn aus ihrer Anwendung auf jenen Satz andere Erscheinungen abgeleitet werden können, welche die Erfahrung bestätigt. Diese in der genannten Weise ableitbaren Sätze sind nun aber folgende.

1. Wenn es richtig ist, daß der Magnetismus den Quadratwurzeln der Kerndurchmesser proportional ist, so folgt aus Thomson's Satz, daß Elektromagnete von gleichem Durchmesser im Verhältniß von $1 : \frac{n^1}{\sqrt{n}}$ d. h. n^1 an Kraft zunehmen müssen, wenn wir die Länge und Windungszahl n nennen. Magnete dieser Art unterscheiden sich nämlich von den ähnlichen Elektromagneten nur dadurch, daß ihr Durchmesser nicht ebenfalls in dem Verhältniß wie $1 : n$ wächst.

Dieses Verhältniß der Wirkung gleich dicker Elektromagnete auf einen außerhalb liegenden magnetischen Punkt, $1 : n^2 \sqrt{n}$, muß aber nach dem Vorhergehenden unter der Bedingung auftreten, *daß die Mitte der Magnete in constantem Abstände von dem magnetischen Punkte bleibt.*

2. Nach dem Satze von Lenz und Jacobi, daß der freie Magnetismus der Windungszahl der galvanischen Spirale proportional ist, folgt nun aber aus dem eben nachgewiesenen Satze, daß der freie Magnetismus solcher Elektromagnete, deren Windungszahl ihrer galvanischen Spiralen *dieselbe* bleibt, sich in dem Verhältnisse $1 : n^1$ steigern muß, wenn dieselbe Anzahl der Spiralwindungen auf alle Kerne proportional vertheilt bleibt, und *die Mitte* der Kerne sich in constantem Abstände von dem magnetischen Punkte befindet.

3. Mit diesem Satze würde dann ferner der von mir aufgestellte ¹⁾ und von Hrn. Wiedemann bestätigte Satz ²⁾ in Uebereinstimmung seyn, daß Hufeisenmagnete von verschiedener Länge, deren Schenkel in gleichem Abstände von einander bleiben und mit gleicher Windungszahl ihrer

1) Pogg. Ann. Bd. 102, S. 209 u. f.

2) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 202.

Spiralen und gleichem Strome magnetisirt werden, auf einen entfernten Punkt wie die Wurzeln ihrer Längen wirken, wenn der Einfluß des Polabstandes den Kernlängen proportional ist.

Wir kommen nach Besprechung der Sätze unter 1 und 2 noch einmal auf diesen Punkt zurück.

A. Eisenstäbe die ihrer ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt sind.

Den zuletzt erwähnten Satz hinsichtlich der Wirkung der Länge verschiedener Hufeisen habe ich früher nur unter der Bedingung geprüft, daß die Schenkel ihrer ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt waren. Da ich nun neuerdings gefunden habe, daß diesem Satze, wie auch den hier zunächst zu erörternden, eine noch größere Allgemeinheit zukommt, so wollen wir die Darstellung der Untersuchung in der Weise scheiden, daß zunächst die Versuche mitgetheilt werden, bei denen der Kern seiner ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt ist, und dann diejenigen folgen, bei denen die Kerne nur theilweise mit der Spirale umgeben sind.

1. Das Verhältniß $1 : n^2 \sqrt{n}$.

a. Bei gleichem Abstände der Mitte der Kerne vom Stahlspiegel.

Um den Satz unter No. 1 zu prüfen, ob Magnetkerne von verschiedener Länge (n), welche bei gleicher Stromstärke mit n Spiralwindungen umgeben sind, auf einen entfernten Punkt bei gleichem Abstände ihrer Mitten von demselben in dem Verhältniß $1 : n^2 \sqrt{n}$ wirken, wandte ich Kerne von einem Zoll Durchmesser an, deren Längen zwischen 4" und 48" variierten. Dieselben waren alle ihrer ganzen Länge nach mit Spiralwindungen bedeckt, deren Zahl im Verhältniß der Kernlänge wuchs. Die Stromstärke war in allen Fällen $8\frac{1}{2}^\circ$. Die Versuche ergaben, während die Mitte der Kerne 9 Fufs von dem Spiegel des Magnetometers entfernt war, folgende Ablenkungen:

VIII.

l	n	$10a$	$n^2 \sqrt{n}$	$\frac{10a}{n^2 \sqrt{n}}$
4"	2	1,1	5,656	194
6"	3	3	15,6	192
9"	4,5	8,25	42,9	192
12"	6	16,5	86	192
18"	9	45	243	185
24"	12	96	499	192
36"	18	267	1375	194
48"	24	545	2822	193

Die Ueberschriften der einzelnen Columnen haben dieselbe Bedeutung wie früher. Die letzte Columnne zeigt ganz unzweifelhaft, daß der Magnetismus in dem angeführten Verhältnisse wächst.

Es ist besonders für Experimentatoren nicht unwichtig zu bemerken, daß ich diese Reihe nicht gleich beim ersten Versuche erhielt. Ich habe dieselben Versuche, bevor ich an einer Spiegelbussole beobachtete, öfter mit der gewöhnlichen Nadel angestellt und erhielt dabei immer ein dem eben aufgeführten ähnliches Resultat bis zu dem 18" langen Magnetkerne. Von da ab nahmen die beobachteten Werthe in einer Weise zu, daß die hier aufgeführten Constanten sich verringerten. Hätte diese Verringerung vom kürzesten Kerne an stattgefunden, so würde ich haben schließen müssen, daß das von mir erschlossene Gesetz nicht in der Natur begründet ist. Da aber eine ganze Anzahl von Kernen dem Gesetze folgte, so mußte ein unwesentlicher Umstand die Ursache der Abweichung seyn. Als ich später mit dem Spiegel experimentirte und sich ganz dieselbe Abweichung ergab, beobachtete ich unter Anderem auch, daß, während alle Kerne bis zu dem 18" langen bei der Entfernung von 9 Fufs vom Messapparate, einen remanenten Magnetismus zeigten, der fast garnicht beobachtet werden konnte, der 24" lange nach Unterbrechung des Stromes den Spiegel noch auf 23 abgelenkt erhielt. Der, 24" lange Kern hatte also sehr viel remanenten Magnetismus.

Dieses läßt auf geringere Weichheit schließen. Da nun aber ein weniger weicher Stab auch weniger Magnetismus annimmt, so mußte dieser Stab nothwendig einen Werth geben, welcher nicht mit den übrigen in Uebereinstimmung seyn konnte. Nun war ich bis zu der Zeit, in welcher ich diese Beobachtung machte, nur im Besitz von 2 Fufs langen Magneten. Den 3 und 4 Fufs langen hatte ich hergestellt durch Zusammenschrauben des eben besprochenen 2 füsigen Kernes mit einem von einem Fufs und einem anderen von 2 Fufs Länge. Wenngleich nun dieses Verfahren im Allgemeinen die Resultate durchaus nicht beeinträchtigt, wie ich schon früher gezeigt habe, so bewirkte es doch in diesem Falle, daß der träge Magnet immer wieder mit ins Spiel kam, und daher sämtliche Resultate mit den Kernen über 18" Länge zu klein ausfielen.

Ich beschloß daher, um allen Uebelständen aus dem Wege zu gehen, nicht allein den 2 Fufs langen Stab noch einmal ausglühen, sondern auch zwei neue von 3 und 4 Fufs Länge und derselben Eisensorte anfertigen zu lassen. Hätte ich auch den 2 Fufs langen Stab durch einen anderen ersetzt, und mit diesem befriedigende Resultate erhalten, so wäre immer noch möglich gewesen, daß diese dem Gesetz günstigen Resultate dadurch erhalten worden wären, daß die neuen Stäbe aus noch weicherem Eisen bestanden hätten. Nachdem die genannte Aenderung ausgeführt, d. h. der 2 Fufs lange Stab neu ausgeglüht war, erhielt ich die unter No. VIII angeführte Versuchsreihe, welche denn auch beweist, daß die früheren Abweichungen durch den nicht genügend weichen Stab hervorgebracht worden waren.

So bietet also die Prüfung des remanenten Magnetismus gleich nach der Magnetisirung eines Stabes ein treffliches Mittel, um zu entscheiden, ob ein Stab hinsichtlich seiner Weichheit brauchbar ist, oder nicht. Zeigt der remanente Magnetismus größere Härte an, so ist wiederholtes Ausglühen das unfehlbare Mittel, den Stab mit anderen vergleichbar zu machen, vorausgesetzt, daß der Stab von derselben Eisensorte ist, wie die anderen.

Aus der Reihe VIII folgt nun mit größter Sicherheit das Gesetz:

Die Kraft, welche Magnete von gleichem Durchmesser, mit einer ihrer Länge proportionalen Anzahl von Spiralwindungen bewickelt, auf eine in constantem Abstände von ihrem mittleren Querschnitte befindliche Magnetnadel ausüben, ist bei n facher Länge dieser Magnete $n^2\sqrt{n}$.

b. Bei verhältnißmäßig wechselnden Entfernungen.

Da ähnliche Magnete auf einen ähnlich liegenden Punkt gleiche Kraft ausüben, so folgt aus dem soeben ausgesprochenen Satze, daß Magnete von gleicher Dicke auf Entfernungen, welche der Länge proportional sind, eine Kraft ausüben müssen, welche sich umgekehrt wie die Quadratwurzel dieser Entfernungen verhält. Ich habe bereits vorn bemerkt, daß der eben bewiesene Satz zugleich indirect den Beweis liefert, daß der Einfluß des Durchmessers der Magnetkerne den Quadratwurzeln dieser Durchmesser proportional ist.

Der Beweis für diesen Satz, auf den es mir hier aus bekannten Gründen ganz besonders ankommt, wird nun in noch viel einleuchtenderer Weise geliefert, wenn sich zeigt, daß Magnetkerne von gleicher Dicke an Kraft in dem Verhältniß der Wurzeln ihrer Längen abnehmen, wenn sie mit Spiralen umgeben sind, deren Windungszahl der Länge proportional wächst, und wenn man sie den Längen proportional von dem Stahlspiegel entfernt. In diesem Falle hat man ähnliche Magnete, denen aber die nöthige Dicke fehlt. Da nun ähnliche Magnete auf ähnliche Entfernungen Gleiches wirken, so muß die Kraft gleich dicker Stäbe bei der Länge proportionalen Entfernungen den Wurzeln ihrer Längen und Entfernungen proportional abnehmen, wenn die Dicke den Wurzeln dieser Verhältnisse proportional wirkt.

Um nun zu zeigen, daß dies in der That der Fall ist, habe ich folgende Versuchsreihe ausgeführt.

Die vorher angewandten Magnetkerne von 6" bis 48" Länge wurden dem Stahlspiegel in Entfernungen gegenüber

gelegt, welche zwischen 18" und 144" variirten. Da die Localität, in der ich experimentirte, nicht erlaubte, die Magnete in die Ostwestrichtung zu legen, weil in derselben das Fernrohr stand, ich aber bereits gezeigt habe, daß das Verhältniß dasselbe bleibt, wenn auch eine andere Richtung genommen wird; so legte ich dieselben in eine Linie seitwärts, welche mit der Ostwestrichtung etwa einen Winkel von 20° bildete. Auf diese Weise erhielt ich die Versuchsreihe No. IX.

In dieser Reihe bedeutet e die Entfernung der Mitte der Magnete von dem Stahlspiegel, l ihre Länge und n das Verhältniß dieser Längen, aus denen die Wurzel berechnet ist. Der angewandte Strom lenkte in allen Fällen die Nadel meiner Tangentenbussole auf 5° ab. Auch in diesem Falle wurde das Mittel aus beiden Ablenkungen des Spiegels nach rechts und links durch Umkehrung des Stromes genommen, und dies ist, wie in allen anderen Fällen, nach Abzug der Ablenkung durch die Spirale in der Columnne unter $\text{tg } \alpha$ verzeichnet.

IX.

e	l	n	\sqrt{n}	$\text{tg } \alpha$	$\text{tg } \alpha \cdot \sqrt{n}$
18"	6"	1	1	400	400
36"	12"	2	1,414	282	399
54"	18"	3	1,732	232	402
72"	24"	4	2	201	402
108"	36"	6	2,45	166	406
144"	48"	8	2,828	141	399

Die Multiplication der bei der Beobachtung erhaltenen Werthe mit \sqrt{n} , d. h. der Wurzel der Länge, welche, wenn die Kerne ähnliche Formen hätten, auch die Wurzel der Durchmesser wäre, zeigt, wie wir sehen, so nahezu constante Werthe, daß durch sie ganz sicher der Satz festgestellt wird:

„Bei gleichbleibendem Strome und gleicher Dicke der Magnetkerne nimmt die Wirkung verschieden langer und mit einer der Länge proportionalen Anzahl galvanischer Spiralwindungen bewickelter Magnetkerne auf einen der Länge

proportional entfernten Punkt den Quadratwurzeln dieser Länge proportional ab.

Aus diesem und dem Thomson'schen Satze folgt ganz direct, daß der magnetisirende Einfluß des Kerndurchmessers der Quadratwurzel desselben proportional seyn muß.

2. Das Verhältniß $1 : n \sqrt{n}$.

Steht der Satz hinsichtlich der verschieden langen Stäbe, welche eine ihrer Länge proportionale Windungszahl besitzen, fest, so muß selbstverständlich die bloße Stablänge bei gleicher Windungszahl der Spirale, wenn diese proportional auf den Kernen vertheilt ist, in dem Verhältniß $n \sqrt{n}$ wirken, wenn n die Länge bedeutet; denn die Wirkung der n -fachen Windungszahl ist n proportional.

Um diesen Satz zu prüfen, habe ich zunächst die vorher angewandten Kerne ihrer ganzen Länge nach mit proportionaler Windungszahl umgeben und habe dann den Strom in demselben Verhältniß geschwächt, in welchem die Anzahl der Windungen zunahm, so daß die Kerne von derselben magnetisirenden Kraft auf ihrer ganzen Länge afficirt wurden.

Bei dem kürzesten der angewandten Magnetkerne (4" lang) war die Stromstärke $= \operatorname{tg} 42^\circ = 0,9004$. Hiernach sind die Stromstärken berechnet, welche bei den einzelnen Magneten angewandt wurden. Dieselben sind in der folgenden Tabelle unter s verzeichnet. Die übrigen Columnen haben die frühere Bedeutung. Ich erhielt folgende Reihe:

X.					
l	n	s	$\operatorname{tg} \alpha$	$n \sqrt{n}$	$\frac{\operatorname{tg} \alpha}{n \sqrt{n}}$
4"	2	42°	6,25	1,828	221
6"	3	31°	11,5	5,196	223
12"	6	$16^\circ,75$	32,5	14,7	221
18"	9	$10^\circ,25$	60,25	27	223
24"	12	$8^\circ,5$	93	41,568	223
36"	18	$5^\circ,5$	176	76,374	230
48"	24	$4^\circ,10$	260	117	222

Durch diese Reihe wird die Richtigkeit des durch die vorn gemachten Schlüsse erhaltenen Resultats außer Zweifel gesetzt, wenn wir annehmen, daß die Art, wie diese Versuche angestellt sind, durchaus zweckentsprechend ist. Der Satz soll richtig seyn, wenn bei *gleichem Strome* dieselbe Windungszahl über die ganze Länge aller Kerne vertheilt ist. Diefs ist nun aber bei den vorliegenden Versuchen nicht der Fall gewesen, sondern es war nur das Product aus Stromstärke und Windungszahl der Spirale constant.

Ich bin um so mehr genöthigt den fraglichen Satz noch in anderer Weise zu begründen, weil die in einer entsprechenden Beziehung früher von mir angestellten Versuche von Hrn. Wiedemann angefochten worden sind. Wie schon vorn erwähnt, habe ich früher Versuche mit Hufeisenmagneten angestellt ¹⁾, bei denen ich fand, daß die größere Eisenmasse bei verschiedenen langen Stäben den Quadratwurzeln der Stablängen proportional wirkt, d. h. daß der freie Magnetismus \sqrt{l} proportional ist, wenn die Entfernung der Schenkel dieselbe bleibt. Diesen Satz habe ich ebenfalls in der Weise gefunden, daß ich dieselbe magnetisirende Kraft auf die verschiedenen langen Kerne wirken liefs, und aus diesem Grunde sagt Hr. Wiedemann in Bezug auf diesen Satz ²⁾: »Die Quotienten $z = \frac{lq}{\sqrt{l}}$ sind bei diesen Versuchen fast völlig constant. Wir haben aber im vorigen Aufsatz gezeigt, wie bei gewissen Verhältnissen sogar eine Zunahme der Quotienten z bei wachsender Länge der Hufeisen beobachtet werden kann, die wohl durch eine stärkere Wechselwirkung der Pole bei den längeren Hufeisen bedingt ist. Die von Dub gefundene Constanz der Quotienten Z möchte daher nicht als eine allgemein gültige, sondern nur in den speciellen Bedingungen seiner Versuche begründete zu betrachten seyn, um so mehr, als sich ergeben hat, daß die Verhältnisse der Momente der Stäbe

1) Pogg. Ann. Bd. 102, S. 208.

2) Ib. Bd. 117, S. 233.

und der Intensität der sie erzeugenden Ströme sich mit dem Anwachsen der letzteren bedeutend, und zwar bei verschiedenen langen Stäben in ungleichem Grade ändern.«

Hr. Wiedemann will also die früher von mir angeordneten Versuche deshalb nicht als Beweis für den Satz gelten lassen, daß bei gleichem Abstände der Pole der Magnetismus verschieden langer Stäbe \sqrt{l} proportional ist, weil der Magnetismus nicht den Strömen proportional wächst. Er erklärt dann die von mir erhaltenen Resultate dadurch, daß eine Wechselwirkung der Pole des Hufeisens das ausgleicht, was durch die Schwächung des Stromes an der Constanz der Quotienten gestört wird. Nach Hrn. Wiedemann habe ich also damals constante Quotienten erhalten, weil

- 1) durch die Wechselwirkung der Pole mit der Zunahme der Stablänge der Magnetismus in größerem Verhältnisse steigt, während,
- 2) der Magnetismus mit der gleichzeitigen Verringerung des Stromes (bei den längeren Stäben) in größerem Verhältniß abnimmt.

Daß der erste Grund nicht stichhaltig ist, das beweisen die eben hier gegebenen Versuche. Ich habe hier gerade Stäbe unter sonst gleichen Bedingungen wie früher die Hufeisen angewandt. Hier kann nicht von einer solchen Wechselwirkung der Pole die Rede seyn, wie sie Hr. Wiedemann meint, und doch zeigt sich wieder ein einfaches Verhältniß zur Länge der Stäbe, $1:n\sqrt{n}$. Nach Allem, was die bisher gegebenen Versuche lehren, müssen wir den Einfluß der verschiedenen Kernlängen wegen der größeren Entfernung der Pole der Länge proportional setzen, und dann bleibt wieder für den Einfluß der durch die Länge vermehrten Eisenmasse \sqrt{n} oder \sqrt{l} , ganz wie bei den Versuchen mit den Hufeisen.

Wenn dem aber nun so ist, wenn wirklich dieß Verhältniß stattfindet, wo bleibt dann da der Einfluß, welcher durch die sich steigende Stromstärke hervorgerufen wird,

bei welcher der Magnetismus in größerem Verhältniß als der Strom wächst?

Um dies näher zu untersuchen, war ich genöthigt, den in No. X gegebenen Versuch in anderer Weise auszuführen. Ich habe zu diesem Zwecke zu der einen Sorte von Spiralen, die ich stets anwende, und die so gewickelt sind, daß sich zwei Lagen Draht übereinander befinden, noch zwei andere Arten angefertigt, deren eine 4 Lagen über einander trägt, während die andere nur eine Lage hat.

Diese drei Arten von Spiralen wurden nun so angewandt, daß 6" bis 48" lange Magnetkerne in dieselben eingeführt wurden, so daß bei gleicher Windungszahl immer verschiedene Kernlängen mit Spiralwindungen bedeckt waren. Hatte ich also eine 2" lange Spirale mit 4 Lagen Windungen über einander, zusammen 112 Windungen, und ersetzte diese durch dieselbe Windungszahl bei zwei Lagen und bei einer Lage, so erhielt ich dadurch eine doppelt und viermal so lange Spirale, in welche ich dann auch doppelt und viermal so lange Kerne bei gleicher Stromstärke einführte.

Auf diese Weise erhielt ich folgende Versuchareihen mit Kernen von 1" und von 2" Durchmesser.

XI.

1" dicke Magnetkerne unter Anwendung von drei verschieden gewickelten Spiralen. Stromstärke 18°, 5. Spiralwindungen 112.

Kernlänge	Spiralen	$\lg \alpha$	$n\sqrt{n}$	$\frac{\lg \alpha}{n\sqrt{n}}$
3"	4 Lagen	1,6	1	160
6"	2 "	4,5	2,828	159
12"	1 "	12,5	8	156
6"	4 "	4,75	1	475
12"	2 "	13,5	2,828	478
24"	1 "	38,5	8	481
9"	4 "	10	1	100
18"	2 "	28,5	2,828	100
36"	1 "	81	8	101

Bei einer doppelten Windungszahl der angewandten Spiralen ergab sich bei derselben Stromstärke:

XII.

Kernlänge	Spiralen	$\lg \alpha$	$n \sqrt{n}$	$\frac{\lg \alpha}{n \sqrt{n}}$
6"	4 Lagen	9,75	1	975
12"	2 "	27,5	2,828	972
24"	1 "	78	8	975
9"	4 "	19,5	1	195
18"	2 "	56,5	2,828	199
36"	1 "	160,5	8	200
12"	4 "	30	1	300
24"	2 "	89	2,828	314
48"	1 "	251	8	314

Eine dritte Reihe wurde bei größerer Stromesintensität angestellt. Die Nadel meiner Tangentenbussole wurde auf 25° abgelenkt. Diefs ist schon ein ziemlich starker Strom, welcher dann zeigt, daß das Verhältniß $n \sqrt{n}$ durchaus innerhalb der Gränzen Geltung hat, innerhalb deren die Sättigung keine merkliche Abweichung bewirkt. Die Windungszahl war hier wie bei der vorigen Reihe 224.

XIII.

Kernlänge	Spiralen	$\lg \alpha$	$n \sqrt{n}$	$\frac{\lg \alpha}{n \sqrt{n}}$
4"	4 Lagen	6,5	1	650
8"	2 "	18,5	2,828	650
16"	1 "	50	8	625
6"	4 "	14	1	140
12"	2 "	38,5	2,828	136
24"	1 "	112	8	140
12"	4 "	41,5	1	415
24"	2 "	118	2,828	414
48"	1 "	335	8	419

Um ferner zu sehen, ob sich dasselbe Verhältniß auch bei Kernen von anderem Durchmesser herausstelle, wurden

noch einige Versuche mit Kernen von $\frac{1}{2}$ " und von 2" Durchmesser angestellt. Sie ergaben folgende Resultate:

XIV.

$\frac{1}{2}$ " dicke Kerne. Stromstärke 17°. Windungszahl 224.

Kernlänge	Spiralen	iga	$n\sqrt{n}$	$\frac{iga}{n\sqrt{n}}$
4"	4 Lagen	3	1	300
8"	2 "	8,5	2,828	305
16"	1 "	24	8	300

Windungszahl 112.

6"	4 "	3,25	1	325
12"	2 "	8,5	2,828	305

XV.

2" dicke Kerne. Stromstärke 15°. Windungszahl 170.

4"	4 Lagen	3,75	2,828	132
6"	2 "	7	5,196	134
12"	1 "	19,5	14,7	132

Während die Versuche unter No. X nur eine Uebertragung des Satzes sind, um den es sich eigentlich handelt, liefern die Versuche in No. XI bis XV den directen Beweis für den Satz:

„Elektromagnete von verschiedener Länge, auf denen dieselbe Anzahl von Spiralwindungen der Länge proportional vertheilt ist, üben auf gleich weit von der Mitte der Stäbe entfernte äußere Punkte eine Kraft aus, deren Quadrat der dritten Potenz der Länge proportional ist.“

Durch diese Versuche wird es klar, daß weder die Wechselwirkung der Pole, noch die veränderte Stromstärke das eben genannte Verhältniß des Magnetismus zur Stablänge bedingen. Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß unter den gegebenen Bedingungen die veränderte Stromstärke keineswegs ein so abweichendes Verhältniß zum Magnetismus habe, daß dies schon merklich hervortritt. Lassen wir aber die Aenderung der Stromstärke ganz außer Acht, so gilt nach den vorigen Versuchen das genannte Verhältniß $1:n\sqrt{n}$ doch sicher bei *gleichem Strome* und proportiona-

ler Vertheilung der *gleichen Windungszahl* auf die verschiedenen Kernlängen.

Ich bin ferner mit allen den Versuchen von X bis XV einem von Hrn. Wiedemann ausgesprochenen Wunsche nachgekommen, welcher darin bestand, daß ich den Einfluß der Momente der geraden Stäbe auf die Ablenkung der Magnetnadel näher hätte berechnen sollen. Hr. Wiedemann sagt, ich begnüge mich mit der Angabe, daß bei geraden Stäben die Nadelablenkung nicht wie bei dem Hufeisen im Verhältniß \sqrt{I} , sondern in einem größeren Verhältniß wachse ¹⁾).

Hr. Wiedemann hat nun diese Rechnung angestellt und auch nichts weiter gefunden, als ich früher. Daß es uns beiden bisher so ergangen, hatte einfach seinen Grund darin, daß wir, Hr. Wiedemann neuerdings, so wie ich früher, die geraden Eisenstäbe stets so dem Meßinstrumente in der Ostwestrichtung gegenüber gelegt hatten, daß das nächste Ende derselben in gleichem Abstände von dem Spiegel oder der Nadel sich befand ²⁾. Wenn nun bei gleichem Abstände der Mitte der Stäbe ein einfaches Verhältniß stattfindet, so kann man dies natürlich nicht heraus erkennen, wenn das Experiment so complicirt angestellt wird, wie dies bisher geschehen war.

Daß nun Hr. Wiedemann den mir ertheilten Rath, »die Bedingungen bei den Versuchen möglichst einfach herzustellen« ³⁾ hier selbst nicht befolgt hat, findet wohl darin seine Entschuldigung, daß er »den natürlichen Weg« nicht erkannt hat.

Hr. Wiedemann bemüht sich außerdem *a priori* den Beweis zu liefern, daß es von vorn herein nicht gut möglich erscheine, daß die Momente der Elektromagnete eine einfache Function ihrer Länge seyen ⁴⁾. Hoffentlich wird er nach den hier gelieferten Resultaten, da doch die Aus-

1) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 233.

2) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 196.

3) Pogg. Ann. Bd. 117, S. 219.

4) lb. S. 234.

drücke $n^2 \sqrt{n}$ und $n \sqrt{n}$ sicherlich einfache Functionen der Länge genannt werden müssen, seine Behauptung nicht mehr aufrecht erhalten.

3. Elektromagnete auf deren Kernen die Spiralwindungen nicht gleichmäßig vertheilt sind.

Wenn nach den vorn angeführten Beobachtungen an den ähnlichen Magnetkernen der Thomson'sche Satz sich auch dann noch als gültig zeigte, wenn die Stäbe eine ähnliche Bewicklung hatten, ohne deshalb ihrer ganzen Länge nach mit der Spirale bedeckt zu seyn: so entstand die Frage, ob auch unter den hier besprochenen Bedingungen diese Erweiterung stattfände, ob der Magnetismus auch solcher Stäbe sich als eine einfache Function der Länge ergäbe, welche mit Spiralen bedeckt sind, die zwar der Länge proportional wachsen, aber die Kerne nur theilweise oder ungleichmäßig bedecken.

Um dies zu prüfen, schob ich auf die oben angewandten Stäbe, Spiralen, welche nur ein Drittheil der ganzen Länge jener Stäbe bedeckten, und zwar befanden sich diese Spiralen auf der Mitte der Kerne. Der Strom war für alle verschiedenen Spiralen constant, er lenkte die Nadel meiner Tangentenbussole auf 18° ab. Der Versuch ergab die nachstehenden Resultate:

XVI.

l	n	$n^2 \sqrt{n}$	$lg \alpha$	$\frac{lg \alpha}{n^2 \sqrt{n}}$
6"	2	5,6	2,5	446
9"	3	15,6	7	448
12"	4	32	14,25	445
18"	6	86	38	442
24"	8	181	80	442
36"	12	499	224	448
48"	16	1024	460	449

Diese Resultate bestätigen die an den ähnlichen Kernen gemachten Beobachtungen, daß nämlich die Wirkung der

Magnete in demselben Verhältniß mit der Länge zupimmt, mögen die Kerne ganz oder nur theilweise mit der galvanischen Spirale bedeckt seyn, wenn die Windungen nur stets der Länge proportional vertheilt sind.

Um diesen Satz, noch sicherer festzustellen, machte ich den Versuch noch in der Weise, daß jeder Kern mit der halben Anzahl der Spiralwindungen bedeckt war, welche für seine ganze Länge nöthig ist, und daß die Spirale sich dabei auf der dem Stahlspiegel zugekehrten Hälfte des Magnetkernes befand. Diese Spirale wurde von einem 15° starken Strome durchflossen. In diesem Fall ergab sich folgende Reihe:

XVII.

l	n	$n^2 \sqrt{n}$	$\lg \alpha$	$\frac{\lg \alpha}{n^2 \sqrt{n}}$
4"	2	5,6	1	178
6"	3	15,6	2,75	176
12"	6	86	15	174
18"	9	243	42,5	174
24"	12	499	86,5	173
36"	18	1375	245	177
48"	24	2822	506	175

Die beiden unter XVI und XVII angeführten Reihen beweisen, daß auch dann das oben genannte Verhältniß des freien Magnetismus zur Länge der Magnetstäbe Geltung habe, wenn die Kerne nicht ganz von der magnetisirenden Spirale bedeckt sind.

Daß dasselbe Gesetz auch dann gilt, wenn die Spirale bei gleichem Strome und gleicher Windungszahl im Verhältniß zur Länge der Eisenkerne über dieselben vertheilt wird, folgt aus mehreren Versuchen, welche unter XI, XII und XIII angeführt sind. In diesen Reihen sind nämlich nur die drei ersten Versuchsergebnisse in XIII mit solchen Kernen angestellt, welche ganz von der Spirale bedeckt waren, während die übrigen Kerne, wie aus den daselbst gemachten Angaben zu erschen ist, nur theilweise von den

Spiralwindungen umgeben waren. Diese Resultate beweisen also, was allerdings nach dem Vorhergehenden vorauszusehen war, daß auch in dem Falle das Quadrat des Magnetismus der dritten Potenz der Länge der Magnetkerne proportional wächst, wenn dieselbe Windungszahl über die Kerne ihrer Länge proportional vertheilt wird, ohne daß die Spirale die Kerne ganz bedeckt.

Hiermit ist nun die Behauptung des Hrn. Wiedemann zum Theil widerlegt, in welcher er sagt ¹⁾: „Die Uebereinstimmung der Sätze von Dub mit dem Satze von Thomson ist indess noch kein Beweis für die allgemeine Gültigkeit der ersteren, denn, abgesehen vom Eintreten der Sättigung, muß Thomson's Satz auch unter anderen Bedingungen der Magnetisirung eines Stabes durch eine Magnetisirungsspirale gelten.“

Diese *anderen* Bedingungen der Magnetisirung können darin bestehen, daß die Kerne entweder nicht gleichmäßig, oder nicht der ganzen Länge nach, oder weder gleichmäßig, noch der ganzen Länge nach mit der galvanischen Spirale bedeckt sind. Die Ungleichmäßigkeit der Vertheilung der Spiralwindungen kann aber entweder darin bestehen, daß, wie bei den eben mitgetheilten Versuchen, der mittlere Querschnitt der Spirale nicht mit dem der Kerne zusammenfällt, oder, daß die Spiralwindungen ungleichmäßig über einander gehäuft sind.

Wenngleich diese Punkte zu der Zeit, als Hr. Wiedemann die obige Behauptung aufstellte, noch nicht untersucht waren, so gab ihm dies doch keine Berechtigung zu derselben, weil er ebenfalls noch keine Versuche darüber angestellt hatte. Daß er sich im Irrthume befunden, zeigen die eben mitgetheilten Resultate; es bleibt nur noch die eine Frage zu erörtern, ob das Gesetz auch unter der Bedingung gelte, daß die Spiralwindungen ungleichmäßig, aber den verschiedenen Kernlängen proportional über einander gehäuft sind.

Um dies zu prüfen, habe ich folgenden Versuch ange-

1) Wiedemann, *Electrom.* S. 349.

stellt. Auf 12" bis 48" lange Kerne wurden Spiralen aufgesteckt, so daß in der Mitte sich einfach gewickelte, dagegen an den Enden doppelt gewickelte Spiralen befanden, deren Windungszahl sich stets der Länge proportional vermehrte, daß mithin die einfache wie die doppelte Windungslage sich in gleichem Verhältniß vergrößerte. Durch diese Einrichtung wurde die magnetisirende Kraft ganz ungleichmäßig über die Kerne vertheilt, und diese Ungleichmäßigkeit steigerte ich noch dadurch, daß ich die Spiralen die Kerne nicht ihrer ganzen Länge nach bedecken liefs, so daß z. B. der kürzeste, der 12" lange Kern, auf jeder Seite $2\frac{1}{4}$ " aus der Spirale hervorstand. Mit so bewickelten Kernen erhielt ich folgende Reihe:

XVIII.

	n	$n^2 \sqrt{n}$	$\lg a$	$\frac{\lg a}{n^2 \sqrt{n}}$
12"	2	5,656	9,25	164
18"	3	15,6	25,75	165
24"	4	32	51	160
36"	6	86	144	167
48"	8	181	295	163

Diese Reihe verbunden mit den vorher besprochenen zeigt, daß die von mir hinsichtlich des Wurzelverhältnisses der Magnetkerndimension behaupteten Sätze in dieser Beziehung dieselbe Allgemeinheit besitzen, wie der Satz Thomson's, während in anderer Hinsicht die von mir aufgestellten Sätze einen viel weiteren Umfang haben, so daß ich durchaus berechtigt bin, den Satz Thomson's einen speciellen Fall jener Sätze zu nennen.

IV. Der Durchmesser der Magnetkerne.

Nach den bisher besprochenen Thatsachen folgt ganz unzweifelhaft für den Durchmesser der Magnetkerne, daß der magnetisirende Einfluß desselben der Quadratwurzel proportional ist. Dieses Gesetz gilt nach den Versuchen, welche ich vorn mit ähnlichen Magneten angeführt habe,

auch dann, wenn die Spirale den Kern nicht seiner ganzen Länge nach bedeckt. Ich habe dies bereits früher nachgewiesen¹⁾).

Da Hr. Wiedemann das von mir vertheidigte Gesetz durch eine Versuchsreihe zu widerlegen sucht, für welche er Magnetkerne bis zu 90^{mm}, also etwa 3 $\frac{1}{2}$ " Durchmesser anwendet, während die von mir angewandten Kerne in dem Falle, welcher dem von Hrn. Wiedemann untersuchten am meisten entspricht, nur bis zu 2" Durchmesser steigen; so habe ich neuerdings die Versuche noch einmal wiederholt und habe zu dem Zwecke ganz neue Kerne anfertigen lassen, welche nach dem Glühen sauber abgedreht und ganz genau nach den gegebenen Maassen angefertigt waren. Diese Arbeit wurde einerseits deshalb unternommen, um sicher zu seyn, daß nicht etwa nur die Anwendung zu dünner Stäbe zu dem früher aufgestellten Satze geführt hätte, und andererseits um auch den Umfang der Versuchsergebnisse in dem Maasse zu erweitern, daß sie denen des Hrn. Wiedemann gegenüber gestellt werden können. Zu diesem Zwecke wurde die Zahl der Magnetkerne noch um einen vermehrt welcher 3" Durchmesser hatte. Mit diesen Magnetkernen von $\frac{1}{2}$ ", 1", 1 $\frac{1}{2}$ ", 2" und 3" Durchmesser führte ich drei Versuchsreihen bei verschiedenen Stromstärken aus, welche dann mit den früheren, bei noch größerer Stromesintensität angestellten Versuchen eine ziemlich reichhaltige Auswahl gewähren. Noch muß ich erwähnen, daß die drei folgenden Versuchsreihen nicht zu gleicher Zeit angestellt sind und deshalb nicht direct mit einander verglichen werden können.

XIX.

Magnetkerne von 12" Länge, magnetisirt bei einem Strome von 20°.

d	$lg a$	$W\sqrt{d}$	$lg a$	$W\sqrt{d}$
$\frac{1}{2}$ "	29	451	643	
1"	42	660	644	
1 $\frac{1}{2}$ "	50,25	785	641	
2"	60	933	643	
3"	79,25	1230	641	

XX.

Stromstärke 15°.

d	$\lg \alpha$	$W\sqrt{d}$	$\frac{\lg \alpha}{W\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$ "	21	451	476
1 "	31	660	470
$1\frac{1}{2}$ "	37	784	472
2 "	44	933	471
4 "	59	1230	479

XXI.

Stromstärke 8°.

d	$\lg \alpha$	$W\sqrt{d}$	$\frac{\lg \alpha}{W\sqrt{d}}$
$\frac{1}{2}$ "	12	451	266
1 "	17,5	660	263
$1\frac{1}{2}$ "	20,5	784	262
2 "	25	933	267
3 "	33	1230	268

Diese Versuchsreihen setzen es ebenso wie die vorangehenden Untersuchungen außer Zweifel, *dass der Magnetismus den Quadraturseeln der Kerndurchmesser proportional ist*. Während aber hier der Satz direkt gezeigt wird, geben die früheren Versuche diesen Satz in seiner Anwendung, und dienen mithin in anderer Weise, wie diese direkten Versuche zur umfangreicheren Begründung desselben.

So habe ich nun hier eine größere Anzahl von Versuchen ausgeführt, welche alle die schon früher von mir behaupteten Sätze innerhalb der Gränzen bestätigen, innerhalb deren die Gesetze des Elektromagnetismus überhaupt Geltung haben. Dabei sind alle diese Resultate unter der Bedingung erhalten, dass die zusammengehörigen Werthe bei *gleicher Stromstärke* auftraten, so dass nicht etwa hier das Bedenken Raum finden kann, als sey diese große Menge von übereinstimmenden Werthen nur durch zufällige Einflüsse der sich steigernden Stromstärke entstanden.

Dass die von Hrn. Wiedemann kürzlich gegebenen Versuche in Bezug auf die Kerndurchmesser ¹⁾ nicht im

1) Pogg. Ann. Bd. 117 S. 238.

Einklänge mit den Resultaten dieser Abhandlung stehen, findet vielleicht in Folgendem seine Erklärung.

Hr. Wiedemann hat gezeigt, daß ein 10,3^{mm} dicker Stab von 250^{mm} Länge bei einer Stromstärke, welche Hr. Wiedemann seinem Meßinstrument gemäß mit 106,9 bezeichnet, bereits das Maximum der Quotienten hat ¹⁾, welche durch Division der Stromstärke in die beobachtete magnetische Intensität erhalten werden. Bei noch stärkeren Strömen muß sich also bei einem solchen Stabe schon Sättigung zeigen, da, wie Hr. Wiedemann ausdrücklich sagt, sich zwischen dem Anwachsen und der Abnahme der Quotienten kein Uebergang findet, wo die magnetischen Momente innerhalb etwas weiterer Gränzen der Stromintensität proportional blieben. Dieses Maximum müßte nach Hrn. Wiedemann ein Stab von 31,7^{mm} Durchmesser etwa bei der Stromstärke 173,5 erreicht haben ²⁾.

Wenn nun Hr. Wiedemann später bei der Untersuchung der Stabdurchmesser ³⁾ seine Resultate für dieselben Stäbe bei einer Stromstärke zwischen 400 bis 500 wählt, so muß doch wohl für die 10,5, 20 und 30^{mm} dicken Stäbe bereits die Annäherung an die Sättigung mehr hervorgetreten seyn, als dies bei den außerdem angewandten 60 und 90^{mm} dicken Stäben von derselben Länge der Fall gewesen seyn kann.

Wenn ich nun auch der Meinung bin, daß die Sache mit der Sättigung sich nicht genau so verhält, wie Hr. Wiedemann meint, so scheinen mir doch die von ihm erhaltenen Resultate in dem eben Gesagten ganz unzweifelhaft ihre Erklärung zu finden. Hierzu kommt aber noch, daß diese Resultate bei der *ersten Magnetisirung* dieser Stäbe erhalten worden sind, bei welcher die magnetischen Momente nach Hrn. Wiedemann's eigenen Angaben in etwas andern Verhältnissen stehen als bei wiederholter Magnetisirung. Diesen letzteren Umstand hat Hr. Wie-

1) Pogg. Ann. Bd. 117 S. 197.

2) Ib. S. 198.

3) Ib. S. 237.

demann bei einer mündlichen Besprechung selbst als die mögliche Ursache der Abweichung unserer Resultate von einander angegeben. Jedenfalls kann unter diesen Umständen der Versuch des Hrn. Wiedemann keine Beweiskraft gegen meine Versuchsergebnisse haben, welche hiernach unter den gewöhnlichen Bedingungen erhalten sind, während Hr. Wiedemann seine Versuche unter Ausnahmezuständen angestellt hat.

Nach diesen Untersuchungen ist somit außer Thomson's Satz Folgendes experimentell festgestellt:

1. „Aehnliche Magnetherne mit Spiralen bewickelt, deren Weite und Windungszahl den linearen Dimensionen proportional wächst, üben auf einen von ihrem mittleren Querschnitte gleich weit entfernten Punkt eine Kraft aus, welche der dritten Potenz der linearen Dimensionen proportional ist.“

2. „Magnetherne von gleicher Dicke, die von gleichem Strome erregt werden, üben auf einen von ihrer Mitte gleich weit entfernten Punkt eine Kraft aus, deren Quadrat der fünften Potenz der Länge derselben proportional ist, wenn die sie magnetisirende galvanische Spirale eine der Länge proportionale Windungszahl hat, welche auf dieser Länge proportional vertheilt ist.“

3. „Die magnetisirende Kraft gleich dicker Magnetherne auf einen von ihrer Mitte gleich weit entfernten Punkt ist der $\frac{1}{2}$ Potenz der Länge proportional, wenn die Spirale für alle Magnete aus gleicher Windungszahl besteht, welche der Länge proportional auf den Kernen vertheilt ist.“

4. „Die selben Elektromagnete üben auf einen der Länge proportional entfernten Punkt eine Kraft aus, welche der Quadratwurzel aus der Entfernung oder der Länge umgekehrt proportional ist.“

5. Die genannten Sätze gelten nicht nur für den Fall, dass die galvanische Spirale die Kerne ihrer ganzen Länge nach bedeckt, sondern sie bewahren auch ihre Gültigkeit, wenn die Spirale weder über die ganze Kernlänge reicht, noch die Kerne eng umschließt, aber ihren Dimensionen pro-

por
neti
mes

Abh
The
wir
Sät
sich
mag
ten
gun

wel
Zw
aber
der
den
feer
gebr
Best
Ver
nich
über
terla
mei
folg
Spir
kern
stets
ragte

Pop

portional wächst. Auch in diesem Falle ist der freie Magnetismus dieselbe einfache Function der Länge und des Durchmessers.“

6. „Der Umfang dieser Sätze, welche eine einfache Abhängigkeit des Magnetismus der Eisenstäbe und ihrer Theile von der Quadratwurzel ihrer Dimensionen begründen, wird durch den in weichem Eisen eintretenden magnetischen Sättigungszustand begränzt. Dieser Sättigungszustand macht sich um so eher bemerkbar, je länger die Stäbe bei gleicher magnetisirender Kraft sind, weil das Maximum des erregten Magnetismus in der Mitte der Stäbe unter dieser Bedingung der Quadratwurzel der Länge proportional wächst.“

Ich habe bisher den einen Fall unerörtert gelassen, in welchem die Länge der Spirale die Kernlänge übertrifft. Zwar habe ich auch in dieser Richtung Versuche angestellt; aber um hierüber zu einem Urtheil zu gelangen, welches der auf die bisher besprochene Bewickelung sich beziehenden Allgemeinheit gleich kommt, sind Spiralen von viel größeren Dimensionen erforderlich, als die bisher in Anwendung gebrachten haben. Da ich für den Augenblick nicht im Besitz derselben bin, die Veröffentlichung der vorliegenden Versuche aber nicht länger verzögern will, so sehe ich mich genöthigt für jetzt noch mit einem allgemeinen Urtheil über diesen Punkt zurückzuhalten, will aber doch nicht unterlassen im Anschluß an die hier folgenden Versuchsreihen meine Vermuthung auszusprechen.

Um zu sehen, wie sich die Sache verhält, habe ich folgenden Versuch gemacht. In die Mitte einer 3" weiten Spirale von 2 Fufs Länge habe ich 1 und 2" dicke Eisenkerne von 4 bis 18" Länge eingeführt, so daß die Spirale stets auf beiden Seiten gleich weit über den Kern hervorragte. So erhielt ich folgende Reihen:

XXII. 3" weite, 24" lange Spirale. 1" dicke Kerne. Strom 7°.

l	n	$lg a$	$n^2 \sqrt{n}$	$\frac{lg a}{n^2 \sqrt{n}}$
4"	2	1	5,6	178
6"	3	2,75	15,6	176
9"	4,5	7,75	42,9	180
12"	6	14,75	86	171
15"	7,5	26,25	153,6	171
18"	9	42,75	243	175

XXIII. 2" dicke Kerne.

l	n	$lg a$	$n^2 \sqrt{n}$	$\frac{lg a}{n^2 \sqrt{n}}$
4"	2	1,62	5,6	289
6"	3	4,5	15,6	288
12"	6	24	86	279

Bei beiden Reihen betrug die Wirkung der Spirale auf den 9 Fufs entfernten Spiegel 6°,25, welche Wirkung von den bei den einzelnen Beobachtungen erhaltenen Werthen abgezogen ist.

Diese Resultate würden dadurch ihre Erklärung erhalten, daß man annähme, die Wirkung der stets gleichen Spirale auf die verschieden langen Kerne fände in einer Weise statt, wie wenn die Kerne ihrer Länge nach mit einer entsprechenden Windungszahl bedeckt wären. Freilich würde das Resultat durch die Seitenwirkung vergrößert, aber es ist möglich, daß diese Vergrößerung eben wieder der Kernlänge proportional wüchse. Man wird erkennen, daß die sich hier aufdrängenden Fragen durch das Experiment entschieden werden können, wenn dasselbe nur in dem nöthigen Umfange angestellt wird.

Ich behalte mir die Fortsetzung dieser Untersuchungen für eine spätere Zeit vor.

Berlin, im Sept. 1863.

III. Ueber die specifische Wärme wasserfreier und wasserhaltiger schwefelsaurer Salze; von Carl Pape.

(Schluss von S. 384.)

6. Ueber Regnaults Bestimmungen specifischer Wärmen.

Im Eingange dieser Arbeit habe ich bereits angedeutet, dass die Werthe der spec. Wärme einiger Körper, die sowohl von Neumann als von Regnault untersucht sind, Abweichungen zeigen, deren Ursache bis jetzt nicht aufgeklärt ist. Wenn die Abweichungen unregelmässig wären und sich bei den verschiedenen Körpern bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin zeigten, so würde das weniger auffallen, man würde dann auf eine ungleiche Beschaffenheit der von Regnault und der von Neumann untersuchten Körper schliessen müssen. Da sich aber bei Ersterem die spec. Wärmen ohne Ausnahme grösser zeigen, so ist eine solche Annahme nicht wahrscheinlich, man muss vielmehr annehmen, dass entweder die von Regnault oder die von Neumann benutzte Methode einen constanten Fehler in sich schliesst, durch welchen die regelmässigen Abweichungen bedingt sind ¹⁾. Es schien mir nicht ohne In-

1) Die folgende Tabelle enthält die von Neumann und von Regnault untersuchten Körper und die von jedem von ihnen gefundenen spec. Wärmen; die dritte Columne enthält die Differenzen der Werthe.

Schwerspath	0,107	0,113	+ 0,006
Cölestin	0,130	0,143	+ 0,013
Anhydrit	0,185	0,197	+ 0,012
Arragonit	0,197	0,209	+ 0,012
Kalkspath	0,202	0,209	+ 0,007
Spatheisenstein	0,182	0,194	+ 0,012
Grau-Spießglanz	0,083	0,084	+ 0,001
Bleiglantz	0,044	0,051	+ 0,007
Zinkblende	0,113	0,123	+ 0,010
Rotheisenstein	0,166	0,167	+ 0,001
Speerkies	0,133	0,135	+ 0,002
Bergkrystall	0,189	0,191	+ 0,002

teresse zu seyn, nach dem wahren Grunde dieser Abweichungen zu suchen und Gewissheit darüber zu erlangen, welche der beiden Methoden mit einem solchen Fehler behaftet sey, ich habe deshalb einen genauen Vergleich der beiden Methoden angestellt.

Bei meinen eigenen Beobachtungen spec. Wärmen, welche mit Hülfe der Neumann'schen Methode angestellt sind, habe ich mich überzeugt, daß diese von derartigen Fehlern frei ist, es konnte also der Grund für die angeführten Abweichungen nur in der Regnault'schen Methode liegen. Eine eingehende Prüfung dieser Methode hat mir nun in der That die Ueberzeugung verschafft, daß sie mit mancherlei Fehlern behaftet ist, und daß der einflussreichste derselben ganz in dem Sinne einer Verkleinerung der spec. Wärmen, also einer Annäherung an die Neumann'schen Werthe wirke. In dem Folgenden werde ich den Nachweis meiner Behauptung liefern, indem ich die Regnault'sche Methode, die Einrichtung seiner Apparate und die Ausführung seiner Versuche, wie sie von ihm beschrieben sind ¹⁾, einer eingehenderen Besprechung unterwerfe und die einzelnen beanstandeten Fehler hervorhebe.

Die ausgedehnten Regnault'schen Untersuchungen über die spec. Wärmen von Körpern und die übrigen von ihm erhaltenen Resultate, setze ich im Folgenden als bekannt voraus und werde auf dieselben nur in soweit eingehen, als es für den angedeuteten Zweck nöthig ist, ohne den unbestreitbaren großen Werth dieser Untersuchungen von Neuem hervorzuheben. Es ist eben nur meine Absicht zu zeigen, daß dieselben nicht den Anspruch auf die größte, erreichbare Zuverlässigkeit erheben können.

Das Gesagte gilt zunächst von den älteren, im Jahre 1840 und 41 veröffentlichten Versuchen Regnaults; es wird sich indeß zeigen, daß auch die neuerdings im J. 1861 veröffentlichten Beobachtungen ²⁾ mit denselben und an-

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73 und *série III* T. 1; auch diese *Ann.* Bd. 51 und 63.

2) *Ann. de ch. et de ph.* III. T. 63.

deren Fehlerquellen behaftet sind. Es tritt bei diesen neuen Beobachtungen eine Fehlerquelle besonders stark hervor, die bei den älteren zwar auch vorhanden war, im Allgemeinen aber nur bei einzelnen Versuchen zur Geltung gekommen seyn kann. Einzelne der neueren Resultate sind sogar aus Versuchen erhalten, die wegen ihrer abweichenden Einrichtung, meiner Meinung nach, einen besonders zweifelhaften Charakter haben.

Ich beginne mit der Besprechung der älteren Regnault'schen Versuche. Die Methode, welche diesen sowohl wie den übrigen zu Grunde gelegt ist, ist die der Mischung; es wird auch hier ein erhitzter Körper in eine kältere Flüssigkeit getaucht und aus der beobachteten Temperaturerhöhung derselben, sowie den anderen bekannten Größen, die gesuchte spec. Wärme berechnet. Die Gleichung, deren sich Regnault bedient hat, kann, obwohl sie sich nicht angegeben findet, keine andere seyn, als die oben angegebene einfache Gleichung, also das erste Glied der bei der Berechnung der Versuche benutzten corrigirten Gleichung. Es sind von ihm die Fehlerquellen, welche in der Ausstrahlung während der Beobachtung begründet sind, und die, welche nöthig werden, weil die Temperatur in der Zeit vom Eintauchen des erhitzten Körpers bis zum Eintritt des Maximums eine ungleiche ist, nicht von vorn herein berücksichtigt und nachher für jeden einzelnen Versuch aus den jedesmal beobachteten Größen bestimmt; er hat vielmehr die Correctionen bei besonders zu diesem Zwecke angestellten Versuchen im Voraus ermittelt, sie durch Interpolationsformeln dargestellt und die daraus für jeden Versuch berechneten Werthe an betreffender Stelle hinzugefügt.

Es läßt sich im Allgemeinen gegen ein solches Verfahren nichts einwenden, man muß annehmen, daß Regnault die Interpolationsformel aus einer hinreichend großen Zahl von Versuchen bestimmt und dafür gesorgt hat, die äußeren Umstände in allen übrigen Versuchen ganz gleich herzustellen, obwohl Diefes nicht leicht ist wegen der leichten Veränderlichkeit der Oberflächenbeschaffenheit des Misch-

gefäßes, von welcher die Gröfse der Ausstrahlung also der Werth der anzubringenden Correction hauptsächlich abhängt. Es müssen aber die ermittelten Correctionen zweifelhaft erscheinen, da ihre Bestimmung sich gleichzeitig auf Annahmen stützt, die ihre Begründung keineswegs in den Resultaten bestimmter Versuche finden, sondern nur als wahrscheinlich hingestellt sind.

Um diese Behauptung zu rechtfertigen wird es nöthig seyn, etwas specieller auf die Regnault'schen Beobachtungen einzugehen, wie sie von ihm beschrieben sind ¹⁾. Regnault beobachtet zunächst die Temperatur der Mischflüssigkeit und bringt, von diesem Augenblicke an die Zeit zählend, das Mischgefäß unter den Dampfapparat und läßt die erhitzte Substanz hineinfallen, führt es dann wieder an die frühere Stelle zurück, um daselbst die weiteren Temperatur- und Zeitbeobachtungen anzustellen, wie ich sie bei meinen Versuchen beschrieben habe. Die Zeit, welche vom Aufheben des Mischgefäßes bis zum Zurückführen desselben an seine ursprüngliche Stelle verfließt, beträgt nach Regnault's Angabe etwa 30 Sekunden. Aus dieser nicht beobachteten, sondern nur geschätzten Zeit und der beobachteten Zeit des Maximumanfanges wird dann die für diese Correction wesentliche Zeitdauer berechnet. Außer dem Fehler, der dadurch begangen wird, daß diese Zeit nicht von dem Hineinwerfen des Körpers in die Flüssigkeit sondern von dem Ende der genannten 30 Sekunden an gezählt wird, ist noch die unzulässige Annahme gemacht, daß die Temperatur der Flüssigkeit in diesen 30 Sekunden constant bleibe, es muß also die eingeführte Correction zweifelhaft erscheinen.

Die Bedeutung dieser Correction verliert durch eine weitere unbewiesene Annahme noch mehr an Werth. Regnault nimmt nämlich an, um die Gröfse der einzuführenden Correction bestimmen zu können, daß die Flüssigkeit im ersten Viertel der Zeit, welche vom Augenblicke der Rückkunft des Gefäßes an der Beobachtungsstelle bis zum

1) *Ann. de ch. et de ph. T. 73, p. 22 ff.* Diese *Ann.* Bd. 51, S. 60.

Eintritt des Maximums verfließt, die Temperatur der Umgebung und in den übrigen drei Vierteln die des Maximums habe.

Es scheint nicht nöthig, die Versuche einer eingehenderen Besprechung in Beziehung auf die Correctionen hier zu unterwerfen, welche Regnault mit flüssigen und pulverförmigen Körpern angestellt hat, da er selbst erklärt, daß er sie für nicht hinreichend zuverlässig halte. Ich will nur darauf hinweisen, daß diese Stoffe von ihm in Glas eingeschmolzen oder in Messingcylinderchen eingestampft, in dieser Form erhitzt und in die Mischflüssigkeit eingeführt sind. Nach seinen eigenen Angaben ist in solchen Fällen das Temperaturmaximum erst nach 10 bis 15 Minuten eingetreten und hat dann mehrere Minuten angedauert. Unter solchen Umständen betragen die Correctionen einen sehr meßbaren Theil der ganzen Temperaturerhöhung, so daß es deshalb sehr gewagt erscheint, größtentheils auf die Beobachtung von Correctionen die Bestimmung von Zahlen zu stützen, selbst wenn ihnen nur eine geringere Zuverlässigkeit zuerkannt werden soll.

Bei Versuchen dieser Art ist namentlich der Umstand von bedeutendem Einflusse auf das Resultat, daß die innere Wärmeleitungsfähigkeit des untersuchten Körpers hier nicht vernachlässigt werden darf, wie in den Fällen in welchen der Körper in sehr kleinen Stücken angewandt wird. Aus diesem Grunde müssen außer den letztgenannten auch noch einzelne der Beobachtungen fehlerhaft seyn, welche Regnault zur Ermittlung der spec. Wärme von Metallen angestellt hat, weil diese zum Theil in Stücken von vielen Cubikcentimetern Inhalt angewandt sind. Auf den Einfluß dieser Fehlerquelle werde ich zurückkommen bei der Besprechung der neueren Untersuchungen Regnault's, weil sie sich bei diesen besonders stark geltend macht.

Ein anderer wesentlicher, eigentlich der hauptsächlichste Punkt bei der Bestimmung von spec. Wärmen ist, neben der genauen Beobachtung der Temperaturerhöhung, der, daß man sich auf das Unzweifelhafteste davon überzeugt,

dafs der erhitzte Körper durch und durch dieselbe constante Temperatur besitze, wie sie von dem benutzten Thermometer angezeigt wird. Bei der Beschreibung des Neumann'schen Dampfapparates habe ich ganz besonders hervorgehoben, dafs dieser die Bedingung vollständig erfüllt und habe mich dabei auf Versuche berufen, die eine völlige Uebereinstimmung zwischen dem Stande des angewandten Thermometers im Dampfapparate und dem desselben Thermometers bei unverändertem Barometerstande in einer Cavendish'schen Röhre ergeben haben. Ein Gleiches läfst sich nicht von Regnault's Dampfapparat sagen, wie aus dessen eigenen Versuchen hervorgeht und auch von ihm selbst zugestanden wird. Das Thermometer, welches sich mit dem erhitzten Körper in demselben Raume befindet, zeigt in seinen Versuchen immer eine niedrigere Temperatur an, als sie der Dampf von siedendem Wasser besitzen mufs¹⁾. Es mufs also dieser Apparat einen Fehler in seiner Einrichtung haben und zwar kann, wie mir scheint, dieser Fehler nur darin liegen, dafs der Verschluss des inneren cylinderförmigen Hohlraumes nicht luftdicht ist, es mufs in demselben eine continuirliche, wenn auch nur schwache Einstömung von kalter Luft von unten und eine Ausströmung warmer Luft oben stattfinden. Anders kann ich mir wenigstens den niederen Stand des Thermometers nicht erklären, der häufig um zwei bis drei Grade von 100° abweicht, denn bei dem Neumann'schen Apparate, der vollkommen luftdicht schliesst, hat es sich gezeigt, dafs es möglich ist, dem eingeschlossenen Raume die Temperatur des Wasserdampfes zu geben.

Die Einrichtung des Apparates, wie sie von Regnault selbst beschrieben ist, giebt der ausgesprochenen Vermuthung Wahrscheinlichkeit. Der Verschluss des verticalen Cylinders, der an den Seiten von Dampf umströmt ist, wird nämlich oben durch einen cylindrischen Stopfer aus Weifsblech mit übergreifendem, ebenem Rande bewirkt, in dessen Mitte das Thermometer eingekorkt ist, und unten

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73, p. 22; Diese Ann. Bd. 51 S. 60.

durch einen doppelten Auszug aus Weisblech mit ebenfalls übergreifendem flachen Rande. Bis zu der Höhe des oberen der beiden zusammenhängenden Auszüge ist der Cylinder außerhalb von Wasser von der Temperatur der Luft umströmt, um auf diese Weise das Mischgefäß gegen die etwaige Erwärmung vom Dampfraume her zu schützen. Diese letztere Einrichtung muß an sich eher schädlich als nützlich seyn, indem unter allen Umständen der obere Theil des Auszuges, wegen seines guten Wärmeleitungsvermögens, dem warmen Cylinder dadurch unnöthig mehr Wärme entziehen und dem Wasser abgeben wird.

Durch einfaches in einander Schieben von Weisblech-cylindern ist ein vollständiger Verschluss des erwärmten Raumes gewiss nicht mit Sicherheit, höchstens ab und an durch Zufall zu erreichen, im Allgemeinen wird er nie vollkommen seyn und dann wird stets ein mehr oder weniger starker Luftstrom durch den Apparat von unten nach oben gehen, der für einen bestimmten Versuch natürlich eine constante Stärke besitzen und eine gleichmäßige Abkühlung des Raumes herbeiführen wird. In diesem Luftstrome sehe ich also den Grund für den niedrigen Stand des Thermometers in den Regnault'schen Versuchen.

Wenn man eine solche continuirliche, gleichmäßige Abkühlung des Hohlraumes annimmt und von dem Thermometer an seiner Stelle in der Cylinderaxe nach längerer Zeit eine constante Temperatur angegeben sieht, so muß man annehmen, daß in allen Theilen des cylindrischen Hohlraumes eine constante Temperatur sey und zwar symmetrisch um die verticale Axe des Cylinders vertheilt, am niedrigsten in derselben, am höchsten und gleichzeitig der des umgebenden Wasserdampfes gleich an der Mantelfläche des Cylinders, von der ersteren bis zu der letzteren mit wachsendem Radius zunehmend. Ich sehe hierbei davon ab, daß die Temperatur außerdem im unteren Theile des ziemlich langen Hohlraumes niedriger als im oberen ist und nehme an, daß der erhitzte Körper an seinem unteren

und oberen Theile an allen gleichgelegenen Stellen dieselbe Temperatur habe, wozu die geringe verticale Ausdehnung des vom Körper erfüllten Raumes wohl berechtigt. Wäre die ausgesprochene Vermuthung richtig, denn nur eine solche kann es seyn, da directe Beobachtungen nicht vorliegen, so müßte also auch der Körper der rund um das in der Cylinderaxe befindliche Thermometer in einem kleinen Doppelcylinder aus Drahtgeflecht vertheilt ist, eine höhere Temperatur haben, als das Thermometer anzeigt, und Regnault würde, wenn er diese Temperatur hätte in Rechnung bringen können, für die spec. Wärme der so untersuchten Körper einen kleineren Werth gefunden haben.

Aus dieser Ursache lassen sich die in der oben angegebenen Weise stattfindenden constanten Abweichungen der Regnault'schen Zahlen von den Neumann'schen zum Theil erklären, da bei der Berücksichtigung derselben die im Ausdrücke der spec. Wärme im Nenner auftretende Differenz zwischen der Temperatur des erhitzten Körpers und der beobachteten Max. Temperatur der Flüssigkeit dadurch größer und demnach der Werth der spec. Wärme kleiner wird. Zur Uebereinstimmung werden die von beiden Beobachtern gefundenen Werthe der spec. Wärmen bei Berücksichtigung dieses einen Fehlers indess noch nicht gebracht, so daß bei den Regnault'schen Versuchen noch andere Fehlerquellen angenommen werden müssen, so lange nicht den Neumann'schen solche nachgewiesen sind.

In unmittelbarer Nähe der Cylinderwand können wir im Regnault'schen Apparate, wegen ihrer sehr geringen Dicke, ohne Frage die Temperatur des umströmenden Dampfes annehmen, wäre diese also bekannt, so würde es möglich seyn, durch angenäherte Berechnung die wirkliche Temperatur des erhitzten Körpers zu ermitteln, da die Temperatur in der Axe des Cylinders durch das Thermometer angegeben wird, und die Regnault'schen Zahlen annähernd von dem durch die Verschiedenheit der Temperatur im Apparate bedingten Fehler befreien. Regnault hat aber weder directe Beobachtungen über die Temperatur des

Dampfes noch den Barometerstand angegeben, so daß für die bestimmte Lösung dieser Frage durchaus kein Anhalt gegeben ist, da bei den äußersten Barometerständen die Siedepunkttemperatur um $0^{\circ},5$ C. um 100° schwanken kann. Es soll jedoch der Versuch unter der Annahme gemacht werden, daß der Siedepunkt des Wasserdampfes und auch die Temperatur des erhitzten Körpers immer genau 100° C. gewesen sey, um in dem so berechneten Werthe der spec. Wärme und dem welchen Regnault angiebt Gränzwerte zu erhalten, zwischen denen der wahre Werth liegen muß, wenn nur dieser eine Fehler vorhanden ist. Wenn dieser Versuch auch nicht das Resultat haben kann die Regnault'schen Zahlen völlig zu verbessern, so wird er doch zeigen, von welcher Ordnung der Einfluß des so berücksichtigten Fehlers ist.

Um die Größe des Fehlers bestimmen zu können, muß man zunächst wissen, ob die Regnault'schen Zahlen die betreffenden Correctionen schon enthalten, oder ob sie ihnen noch hinzuzufügen sind. Eine bestimmte Angabe hierüber findet sich nicht, eine nähere Betrachtung der angegebenen Zahlen und der Umstand, daß die Werthe der spec. Wärmen, welche aus diesen Zahlen mit Hülfe der einfachen Gleichung unter der Annahme berechnet werden, daß die Correctionen daran bereits angebracht seyen, bis auf sehr kleine Abweichungen sehr gut mit Regnault's Angaben stimmen, macht es indess wahrscheinlich, daß die Correctionen wirklich schon angebracht sind.

Wenn die Regnault'sche Bezeichnung beibehalten wird und man setzt die Temperatur, welche der Körper vom Gewichte M in dem Dampfapparate erlangt hat T , die Maximumtemperatur der Flüssigkeit ϑ , die corrigirte Temperaturerhöhung der Flüssigkeit $\Delta\vartheta$, die Wassermasse A , den Wasserwerth der verschiedenen Theile des Mischgefäßes $a = 5,70$, den Wasserwerth des kleinen Körbchens aus Messingdrahtgeflecht k , die gesuchte spec. Wärme s , so lautet die zur Berechnung dienende Gleichung

$$(Ms + k)(T - \vartheta) = (A + a)\Delta\vartheta.$$

Bei der Berechnung der spec. Wärme des Messings ist k zu streichen, da es in einem solchen Falle bereits in M enthalten ist.

In der folgenden Tabelle werde ich die Regnault'schen Beobachtungen für die Seite 579 aufgezählten Salze mit seinen Resultaten angeben und daneben die Werthe schreiben, welche aus diesen Zahlen mit Hülfe der obigen Formel erhalten sind, einmal unter der Annahme, daß die beobachtete Temperatur des erhitzten Körpers diesem wirklich eigen gewesen, und dann, daß sie 100°C. betragen habe, um auf diese Weise die zwei Gränzwerte zu bekommen, zwischen denen der wirkliche Werth liegen müßte, wenn andere Fehlerquellen bei den Versuchen nicht wirksam gewesen wären. Es sind nicht sämtliche Beobachtungen in der angegebenen Weise berechnet, es ist von mehreren Versuchen immer nur der als Beispiel gewählt, welcher den am Wenigsten vom Mittel abweichenden Werth der spec. Wärme gegeben hat.

	M	T	A	φ	Δφ	T - T ₀	T - T ₁₀₀
Messing	330,75	98,27	462,41	18,80	5,376	0,09404	0,09102
Schwerpath	320,75	97,95	462,41	14,46	5,343	0,09378	0,09116
Coltesta	147,10	98,74	462,41	11,72	3,271	0,1129	0,1117
Arragonit	88,90	98,74	461,80	21,91	2,214	0,1423	0,1396
Arragonit	167,72	99,05	462,10	19,22	3,970	0,2081	0,2069
Kalkpath	89,19	99,68	462,20	18,43	3,404	0,2087	0,2119
Spalthenstein	158,38	98,11	462,46	9,57	0,050	0,1939	0,1879
Spalthenstein	168,38	98,36	462,45	9,20	6,134	0,1930	0,1877
Gras Spiegellam	187,56	99,05	462,00	22,78	2,680	0,08344	0,08204
Blieglass	347,68	97,48	440,36	14,47	3,412	0,05087	0,05011
Zinkblende	228,40	97,79	440,39	15,93	5,268	0,1231	0,1217
Zinkblende	228,40	98,42	440,42	14,32	5,435	0,1280	0,1199
Rotheisenstein	188,59	97,79	467,32	15,29	4,220	0,1667	0,1617
Speerites	223,82	97,79	440,39	15,22	5,759	0,1357	0,1313
Bergkryall	131,32	98,74	462,45	11,77	4,852	0,1916	0,1891

Ein Vergleich der nach der obigen Formel berechneten Zahlen, wie sie in der Columnne $T = T$ enthalten sind, mit denen in der Columnne s , welche Regnault berechnet hat, macht es wahrscheinlich, daß dieser sich derselben Gleichung bedient hat, da die Abweichungen der beiderlei Werthe bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin stattfinden und sehr klein sind.

Vergleichen wir die Zahlen der vorletzten Columnne mit denen der letzten (für $T = 100^\circ$), welche die Werthe der spec. Wärmen unter der Voraussetzung berechnet enthält, daß die Temperatur des erhitzten Körpers 100° gewesen sey, so zeigt sich in der That, daß durch die Annahme einer höheren Anfangstemperatur des Körpers seine spec. Wärme nicht unwesentlich verringert wird, und daß die Berücksichtigung dieser Fehlerquelle die Werthe den Neumann'schen Zahlen, wenn auch noch nicht gleich macht, so doch um einen beträchtlichen Theil näher bringt und daß sie jedenfalls nicht vernachlässigt werden darf.

Neben dieser Fehlerquelle läßt sich bei den Regnault'schen Versuchen noch eine zweite nachweisen, die ihren Grund gleichfalls in der Einrichtung des Apparates findet. Der Fehler, welcher dadurch in das Endresultat eingeführt wird, läßt sich seiner absoluten GröÙe nach, in Ermangelung der dazu nöthigen Beobachtungen zwar auch hier nicht bestimmen, es läßt sich indess aus Gründen, die angegeben werden sollen, schliessen, daß sein Einfluß ebenfalls kein unbedeutender ist.

Wenn bei Regnault's Versuchen das Thermometer in dem Dampfapparate eine constante Temperatur anzeigt wird das Mischgefäß daruntergestellt, darauf der untere Blechszug herausgezogen und der erhitzte Körper mit dem umschließenden Drahtkörbchen in die Flüssigkeit getaucht. Wenn der Auszug nun auch nicht so genau schließt, daß die Temperatur im Inneren auf 100° steigen kann, so liegt er der Wand doch so nahe an, daß bei dem nöthigen raschen Herausziehen im Inneren des Apparates eine Luftverdünnung und gleich darauf ein plötzliches Eindrin-

gen kalter Luft stattfinden muß, die ohne Frage eine Abkühlung nicht allein des ganzen Raumes, sondern auch des erhitzten Körpers zur Folge hat. Bei der Größe des Auszuges ist das Volumen der eindringenden kalten Luft kein unbedeutendes und die Abkühlung, welche sie bewirkt gewiß nicht zu vernachlässigen, wenn die Operation auch noch so rasch vor sich geht. Regnault sagt allerdings an einer Stelle seiner Arbeit ¹⁾, daß das Herablassen des Körpers höchstens eine halbe Sekunde daure und dabei folglich ein Temperaturverlust nicht stattfinden könne, an einer anderen Stelle ²⁾, ein paar Seiten weiter, giebt er aber nicht allein die Möglichkeit einer merklichen Abkühlung zu, sondern weist ihren Einfluß selbst mit Zahlen nach. Er sagt daselbst, daß das aus seinem Messingdrahte gearbeitete Körbchen wegen seiner großen Oberfläche auf dem Wege aus dem Apparate in die Flüssigkeit sehr viel Wärme verliere, und um von diesem unabhängig zu werden, bestimmt er durch Versuche mit Metallen von bekannter spezifischer Wärme den Wasserwerth des Körbchens mit dem es in der Flüssigkeit auftritt. Auf diese Weise ergibt sich statt des berechneten Werthes 1,147 in Wirklichkeit nur 0,913. Wenn nun aber das Drahtkörbchen schon einen solchen Wärmeverlust erleidet, so muß unter allen Umständen auch der Körper Wärme verlieren, der nicht allein mit dem Drahtnetze in Berührung ist, sondern auch wegen der Maschen desselben selbst eine große freie Oberfläche und außerdem in den meisten Fällen, wenn er nicht gerade ein Metall ist, ein bedeutend größeres Ausstrahlungsvermögen als das Messing besitzt. Wie groß der Wärmeverlust des Körpers ist, läßt sich nicht bestimmen, da darüber keine Beobachtungen vorliegen, daß er aber stattfindet und nicht vernachlässigt werden darf, geht aus den eigenen Angaben Regnaults hervor.

Eine Folge dieses Wärmeverlustes ist, daß der erhitzte Körper mit einer geringeren Wärmemenge in Wirklichkeit

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73 p. 23; Diese Ann. Bd. 51 S. 61.

2) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73 p. 32; Diese Ann. Bd. 51 S. 68.

in die Flüssigkeit gelangt als sie der Temperaturangabe des Thermometers entspricht, es wird also die spec. Wärme in Folge der Nichtberücksichtigung dieses Fehlers zu klein gefunden.

In derselben Weise wie dieser Fehler wirkt die dritte bei Regnault's Versuchen nachweisbare Fehlerquelle, deren Einfluss im Folgenden näher erörtert werden soll. Sie wirkt indess nicht bei allen Versuchen, hauptsächlich nur, da sie in der Vernachlässigung des Einflusses der inneren Leitungsfähigkeit begründet ist, bei den Versuchen über die spec. Wärme der Metalle, weil diese meistens in größeren Stücken angewandt sind. Hier beim Vergleiche der Resultate von Regnault und Neumann scheint sie nicht in Frage zu kommen, da Ersterer, so weit es sich aus seinen Angaben ersehen lässt, die hier betrachteten Körper in kleineren Stücken angewandt hat, so dass der Einfluss der inneren Wärmeleitungsfähigkeit aufser Acht gelassen werden darf.

Welcher der beiden hier in Frage kommenden Fehler überwiegt, ob also die angegebenen Werthe der spec. Wärmen zu verkleinern oder zu vergrößern seyn werden, lässt sich mit Bestimmtheit nicht entscheiden, da darauf bezügliche directe Beobachtungen nicht vorliegen. Es scheint mir, dass die Regnault'schen Zahlen zu groß sind, dass also der erstgenannte Fehler überwiegt, weil dieser die ganze Masse, der Wärmeverlust bei der immer noch kurzen Zeit des Hinabsenkens des Körbchens dagegen nur die äusseren Theile des Körpers betrifft. Jedenfalls scheint mir aber mit Bestimmtheit aus diesen Betrachtungen zu folgen, dass die Regnault'schen Zahlen nicht die Zuverlässigkeit beanspruchen dürfen, wie die welche Neumann beobachtet hat, weil dessen Methode von den erwähnten Fehlern frei ist.

Im Jahre 1861 ist von Regnault eine neue Arbeit veröffentlicht ¹⁾, worin er die Resultate seiner Untersuchungen über die spec. Wärme von Körpern mittheilt

1) *Ann. de ch. et de ph.* III. T. 63.

welche erst in neuerer Zeit in grösserer Menge und rein dargestellt sind. Es sind die: Magnesium, Lithium, Osmium, Rhodium, Iridium, Mangan, Nickel, Kobalt, Wolfram, Silicium und Bor.¹⁾

Die bei dieser Untersuchung angewandte Methode ist dieselbe, wie die nach welcher die älteren Beobachtungen angestellt sind, auch der benutzte Apparat unterscheidet sich in der Einrichtung seines wesentlichen Theiles, des mit Luft erfüllten Hohlraumes, nicht von dem früheren. Es erreicht auch in diesem Apparate das Thermometer nicht die dem Dampfe des siedenden Wassers zukommende Temperatur von 100°, in den meisten Fällen ist sie um mehr als zwei, in mehreren sogar um mehr als drei Grade niedriger und zwar auch hier höchst wahrscheinlich aus demselben oben angeführten Grunde, daß der Verschluss des Hohlraumes kein vollständiger ist, da er hier in gleicher Weise wie dort bewirkt wird. Ich glaube deshalb mit Bestimmtheit behaupten zu können, daß diese neueren Untersuchungen mit denselben, in der Einrichtung des Apparates begründeten Fehlerquellen, behaftet sind, welche den früheren nachgewiesen sind.

Wegen der Art, wie die Correctionen ermittelt und angebracht sind, welche in Folge der Ausstrahlung des Mischgefäßes in der Zeit vom Eintauchen des erhitzten Körpers bis zum Ende des Temperaturmaximums nöthig werden, ist auf eine im Jahre 1856 erschienene Arbeit verwiesen¹⁾. Hiernach ist die in der ersten Arbeit benutzte Correctionsmethode, die auf nicht genügend begründeten Voraussetzungen über den Werth der anzubringenden Correctionen beruhte, verlassen, es sind vielmehr Interpolationsformeln aufgestellt, welche erlauben, die Correction aus zwei unter ähnlichen Verhältnissen angestellten Versuchen zu ermitteln. Die Gestalt der Formeln stützt sich auf eine Reihe ausgeführter bestimmter Versuche, es scheint daher, daß trotz der

1) *Ann. de chim. et de phys.* III. T. 46: Bestimmung der spec. Wärme von Osmium, Rhodium, Iridium, Aluminium, Kobalt, Nickel, Natrium und Kalium.

Unmöglichkeit, alle Versuche unter ganz gleichen Verhältnissen anzustellen, bei Berücksichtigung des im Allgemeinen immer geringen Werthes der Correctionen, bei den Versuchen Nichts dagegen zu erinnern ist, bei welchen die Zeit vom Eintauchen des Körpers bis zum Ende des Maximums, also namentlich die Dauer des letzteren eine geringe ist.

Es ist bereits im Vorhergehenden darauf hingewiesen, daß bei einzelnen der älteren Versuche außer den allen Versuchen gemeinsamen Fehlern noch ein neuer Fehler auftrate, der seinen Grund in der Vernachlässigung des inneren Leitungsvermögens der betreffenden erhitzten Körper habe, und daß der Einfluß dieses Fehlers besonders groß sey, wenn der Körper in sehr dicken Stücken angewandt werde. Dieser Vorwurf trifft die neueren Versuche Regnault's über die spec. Wärme der vorhin genannten Körper fast ohne Ausnahme, und zwar in einem besonders hohen Grade, weil hier der Einfluß des Fehlers noch durch andere schädliche Vorrichtungen wesentlich erhöht ist.

Für die genaue Ermittlung der spec. Wärme eines Körpers ist einer der Punkte, auf die es hauptsächlich ankommt, der, daß nach dem Hineinwerfen des erhitzten Körpers in die Mischflüssigkeit eine vollständige Ausgleichung der Temperaturen möglichst rasch eintritt, damit die Correction auf ein Minimum reducirt wird, welche wegen der Ausstrahlung des Gefäßes anzubringen ist. Es muß also das Maximum der Temperatur möglichst rasch erreicht werden, und damit diese für die Berechnung der spec. Wärme so wichtige Größe auch mit der größten Sicherheit wirklich beobachtet werden kann, darf es nur äußerst kurze Zeit andauern.

Während des Maximums selbst ist die Temperatur des Körpers höher als die der Flüssigkeit, man beobachtet also ein zu niedriges Maximum, es würde in Wirklichkeit größer seyn, wenn die im Körper noch enthaltene Wärme sich gleich der Flüssigkeit mitgetheilt hätte. Damit man das wirklich Maximum möglichst genau beobachten kann,

ist es geboten, den Körper so viel als möglich zu zerstückeln, denn je größer die Stücke desselben sind, desto mehr seiner ursprünglichen Wärme wird bei der Beobachtung des Maximums noch in ihm enthalten seyn, da die Zeit in welcher die Wärme aus dem Körper heraustritt von der GröÙe des zurückzulegenden Weges abhängt, desto größer wird also der Fehler seyn, welchen man begeht, wenn man das beobachtete Maximum als das wirkliche ansieht.

Dieser Fehler kann bei den Regnault'schen Versuchen nicht gering seyn, da z. B. die spec. Wärme des Magnesiums an einem einzigen Stücke von 92 Gr. Gewicht, also etwa 50 CC. GröÙe untersucht ist. Ebenso sind von ihm folgende Körper in großen Stücken untersucht: Osmium (ein Cylinder von 205 Gr.), Rhodium (ein Cylinder von 200 Gr.), Iridium (300 Gr. und 263 Gr.), Mangan (ein kugelförmiges Stück von 130 Gr.), Nickel (zwei und drei kugelige Stücke von zusammen 311 und bez. 230 Gr.), Kobalt (zwei kugelige Stücke von zusammen 114 Gr.). Mag auch das Leitungsvermögen der Metalle immerhin sehr groß seyn, so ist es doch jedenfalls nicht so bedeutend, daß es einerlei ist, ob das Metall in kleinen oder großen Stücken angewandt wird. Außerdem findet bei der Anwendung einzelner großer Stücke, noch das Störende statt, daß die Beweglichkeit der Flüssigkeit, also auch die rasche Vertheilung der übergetretenen Wärme darunter leidet.

Bei einzelnen Versuchen hat Regnault den Fehler, welcher aus den angegebenen Gründen bei der Anwendung großer Stücke entsteht, noch vergrößert, indem er durch eine zum Schutze des untersuchten Körpers gegen die oxydirende Wirkung des Wassers getroffene Vorkehrung den Wärmeaustausch zwischen Körper und Wasser noch mehr gehemmt hat. Er hat den Körper in einzelnen Fällen noch mit einer schweren Hülle aus Bleifolie umgeben, deren Gewicht z. B. bei dem 50 CC. großen Stücke Magnesium 48 Gr. betragen hat. Es kann diese Hülle dem Metalle unmöglich so angepreßt werden, daß überall

eine volle Berührung stattfindet, es wird sich vielmehr stets eine mehr oder weniger dicke Luftschicht zwischen Metall und Bleihülle befinden, durch welche der Uebergang der Wärme aus dem Metalle in das Wasser nur erschwert werden kann und die Dauer des Maximums zum Nachtheile der Genauigkeit des Resultates vergrößert werden muß.

Ein ähnliches Verfahren ist auch angewandt, um das Wolfram, welches nur in Pulverform zur Verfügung gestanden hat, in einer zusammenhängenden Masse untersuchen zu können. Die zur Untersuchung angewandten 421 Gr. Wolfram, also mindestens 20 CC., sind in ein ringförmiges Gefäß von Messingblech und 35 Gr. Gewicht gestampft und dann dem Versuche unterworfen. Nun leiten pulverförmige Substanzen zu einer größeren Masse vereinigt die Wärme an sich schlecht, und hier ist die Ausgleichung der Temperatur zwischen der des Wassers und der des Wolframs durch die Zwischenschicht von Messing noch wesentlich verschlechtert, so daß der beanstandete Fehler auch bei diesem Versuche kein unbedeutender gewesen seyn kann.

In seiner ersten Arbeit über die spec. Wärme fester Körper hat Regnault selbst, wie das bereits oben angeführt ist, ganz analog ausgeführte Versuche für unzuverlässig erklärt, weil die Maximumtemperatur zu lange angedauert habe. Wie lange bei den neuen Versuchen das Maximum gewährt hat, läßt sich aus der Arbeit nicht erschen, es fehlen die Angaben darüber, da aber die Verhältnisse ganz dieselben sind, so wird der Einfluß der Maximumsdauer hier auch ein ähnlicher seyn, und es dürften daher die neuen Versuche in demselben Grade unzuverlässig seyn, wie jene von Regnault selbst beanstandeten.

Außer dem hervorgehobenen Nachtheile einer Hemmung der Temperatúrausgleichung zwischen dem erhitzten Körper, dessen spec. Wärme bestimmt werden soll, und dem Wasser, auf deren möglichst rasche Beendigung es so wesentlich ankommt, hat das Einschließen des Körpers in eine schwere Metallhülle noch den Nachtheil, daß ein fremder

Körper durch seine Masse und seine spec. Wärme auch noch Einfluss auf die Vertheilung der Wärme erhält. Es wird dadurch die spec. Wärme desselben als neue GröÙe in die Gleichung eingeführt und die Zahl der GröÙen durch welche die gesuchte spec. Wärme bestimmt wird vermehrt, während es doch im Interesse der Genauigkeit des Resultates liegt, diese Zahl so weit es irgend geht zu beschränken. Der Einfluss dieser Hülle, soweit ihre Masse und spec. Wärme in Betracht kommt, hängt von dem Verhältnisse ihres Wasserwerthes zu dem des untersuchten Körpers ab; ist dasselbe klein, so ist der Einfluss auf das Resultat ein geringer, er ist aber groß sobald das Verhältniss einen höheren Werth hat.

Die letztgenannte Fehlerquelle macht sich namentlich bei dem Versuche, die spec. Wärme des Lithiums zu bestimmen, geltend. Es steht Regnault von diesem Metalle nur eine Kugel im Gewichte von 0,945 Gr. zur Verfügung, mit welcher die Bestimmung der spec. Wärme in der folgenden Weise unternommen ist. Es wird die Kugel in die cylindrische Höhlung eines massiven Bleicylinders gelegt, diese daraus durch einen aufgesetzten und festgeschlagenen Bleistöpsel gegen aussen vollständig abgeschlossen, hiernach die Masse beider Metalle, welche jetzt 111 Gr. wiegt, im Dampfapparate erwärmt und die Temperaturerhöhung in der Mischflüssigkeit beobachtet. Wenn die aus diesen Versuchen gefundene spec. Wärme 0,94 des Lithiums genau verbürgt wäre, so würde das Verhältniss der Wasserwerthe des Lithiums und des Bleis ungefähr 1 : 4 seyn, da die von Regnault ermittelte spec. Wärme von Blei = 0,0314 ist; der Einfluss des Bleis bei der Ausgleichung der Temperaturen ist also ohne Frage zu groß im Verhältniss zu dem des Lithiums. Ausserdem befindet sich in diesem Falle das Lithium, also der Körper, auf den es bei der Wärmevertheilung hauptsächlich ankommt, in der allerungünstigsten Lage. Es ist von dicken Bleiwänden eingeschlossen, ein großer Theil seiner Wärme geht erst sehr spät in die Flüssigkeit über und ein

Theil, wenn nicht alle, dient hauptsächlich dazu, das Temperaturmaximum längere Zeit constant zu erhalten, geht also, da er durch die unsichere Correctionsmethode ermittelt werden muß, für die Beobachtung mehr oder weniger verloren.

Es scheint gewagt, nach einer solchen Methode, also größtentheils aus Correctionen, die spec. Wärme eines Körpers bestimmen zu wollen, und man muß es jedenfalls als einen Zufall ansehen, daß die Resultate der specifischen Wärme-Bestimmung des Lithiums (bez. 0,9421, 0,9405, 0,9407) eine Uebereinstimmung haben geben können, die bis auf den 2300ten Theil des Mittelwerthes geht. Regnault scheint in dieser Uebereinstimmung der Resultate einen Beweis für die Zuverlässigkeit derselben zu sehen, obwohl die specifische Wärme des Bleis 0,0314 nur bis auf den hundertsten Theil verbürgt werden kann¹⁾, und ebenso darin, daß das Product 37,8 aus der spec. Wärme 0,9408 des Lithiums und dem Aeq. Gewichte 40,18 innerhalb der Grenzen (etwa 36 bis 41) liegt, zwischen denen dies Product bei den anderen Elementen schwankt. An diesen mit dem Lithium angestellten Versuchen ist von Regnault Nichts zu erinnern gewesen, während er die unter ganz ähnlichen Verhältnissen mit dem graphitischen Bor ausgeführten Beobachtungen für unzuverlässig erklärt, weil unter drei Versuchen, neben zwei sehr scharf stimmenden, sich ein von diesen, offenbar durch ein Versehen, bedeutend abweichender findet²⁾. Bei diesen Versuchen ist nämlich das mit Bor gefüllte Körbchen mit Bleifolie ausgefüttert, um das pulverige Bor zusammenzuhalten und mit einer sehr schweren Bleiplatte belastet gewesen, um dadurch das Untersinken im Wasser zu erleichtern. In dieser Menge Blei sieht Regnault hier den Grund für die Unzuverlässigkeit, denn er sagt a. a. O. wörtlich: „Der Wasserwerth p (Wasserwerth des Körbchens und des Bleis) ergibt sich also doppelt so groß als der von M (Gewicht

1) *Ann. de ch. et de ph.* T. 73, p. 40.

2) *Ann. de ch. et de ph.* III, T. 63, p. 36.

des angewandten Bors) und dieser letztere enthält daher nothwendig die Summe der Fehler eines jeden Versuches.¹⁾

Wenn man die verschiedenen Fehlerquellen berücksichtigt, mit welchen die Regnault'schen Beobachtungen behaftet sind und ihren bedeutenden Einfluß, so wird es zweifelhaft erscheinen, ob sie den Grad der Zuverlässigkeit beanspruchen dürfen, der ihnen bisher zuerkannt ist, und ob die erhaltenen Resultate, namentlich die neueren, zu allen den weitergehenden Schlüssen berechtigen, die Regnault daraus gezogen hat.

Göttingen, im Juli 1863.

IV. Ueber den Brechungsexponenten der Metalle; von G. Quincke.

(Vorgetragen in der physikalischen Gesellschaft zu Berlin
den 27. Nov. 1863.)

In einer früheren Abhandlung »Ueber die optischen Eigenschaften der Metalle«¹⁾ habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß der Brechungsexponent der Metalle, besonders des Silbers und des Goldes, kleiner als 1 seyn kann. Es folgte dies aus den Constanten der elliptischen Polarisation des von diesen Metallen reflectirten Lichtes mit Hilfe der von Cauchy und Eisenlohr gegebenen Theorie, sowie direct aus meinen Versuchen über die Verschiebung von Interferenzstreifen durch dünne durchsichtige Metallblättchen.

Zu gleicher Zeit führt aber die Theorie der elliptischen Polarisation, wie sie von Cauchy, Beer und F. Eisenlohr entwickelt ist, darauf, daß der Brechungsexponent

1) Monatsberichte der Berl. Acad. 16. März 1863. Pogg. Ann. Bd. 119 S. 368. Die Angaben der Seitenzahlen in vorliegendem Aufsatz beziehen sich auf die erstere Abhandlung.

der Metalle, ebenso wie der Extinctions-Coëfficient, eine Function des Einfallswinkels ist und zwar müßte (Vergl. St. 124 a. a. O.).

(4) $\begin{cases} \nu^2 = n^2 + \sin^2 J \\ \gamma^2 = g^2 + \sin^2 J \end{cases}$ seyn, wo ν und γ den Brechungs- und Extinctions-Coëfficienten für den Einfallswinkel J , n und g dieselben Größen für den Einfallswinkel 0° bezeichnen.

Man kann nun mit dem von mir angewandten Interferenzapparate (dessen Beschreibung a. a. O. S. 125) die Richtigkeit der ersten Gleichung (4) prüfen, indem man die Verschiebung der Interferenzfransen beobachtet, während man das in den Gang des einen interferirenden Strahlenbündels eingeschaltete Metallblättchen allmählich neigt, so daß der Einfallswinkel der auffallenden Lichtstrahlen allmählich wächst.

Mit wachsender Neigung wird die Dicke der durchstrahlten Metallschicht und dadurch auch die Verschiebung zunehmen. Andererseits wird aber auch der Brechungsexponent ν wachsen, und für einen bestimmten Einfallswinkel η wird $\nu = 1$, sobald $n < 1$ ist. Mit wachsendem Einfallswinkel wird also die Verschiebung zunehmen bis zu einer bestimmten Größe, und dann wieder abnehmen. Für einen bestimmten Einfallswinkel η wird die Verschiebung 0, und dann folgt aus Gleichung (4).

$$(5) \quad \begin{cases} 1 = n^2 + \sin^2 \eta \\ n = \cos \eta \end{cases}$$

Es gäbe das, die Theorie als richtig angenommen, eine Methode ab, n zu bestimmen, ohne die Dicke der Platte zu kennen. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Verschiebung der Interferenzstreifen, welche von der elliptischen Polarisation des durch die Metalle hindurchgegangenen Lichtes herrührt, 0 ist.

Nimmt man die von mir früher¹⁾ ausgesprochene und begründete Ansicht als richtig an, daß die senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichtstrahlen, deren Schwingun-

1) Monatsber. der Berl. Acad. 18. Dec 1862 und 16. März 1863.

gen senkrecht zur Einfallsebene stehen, bei allen Einfallswinkeln dieselbe oder gar keine Phasenänderung erleiden, sondern dafs dies blofs bei den parallel der Einfallsebene polarisirten Lichtstrahlen der Fall ist, so hat man nur die Verschiebung der Interferenzstreifen mit einem Nicol'schen Prisma zu beobachten, dessen Hauptschnitt parallel der Einfallsebene steht, das also nur Strahlen ins Auge gelangen läfst, die senkrecht zur Einfallsebene des Metalls polarisirt sind.

Der Natur der Sache nach lassen derartige Beobachtungen keine grofse Genauigkeit zu, denn wegen der grofsen Unterschiede in der Helligkeit des durch Luft, und des durch Metall gegangenen Strahles treten die Interferenzstreifen nur matt hervor, und man kann sich um 0,1 des Fransenabstandes bei der Beobachtung der Verschiebung wohl irren. Dazu kommt, dafs die Lichtstrahlen, welche in einer verticalen Ebene, senkrecht zur Reflexionsebene der dicken Planparallelgläser des Interferenzapparates polarisirt sind, überhaupt nur schwache Lichtintensität haben. Ebenso werden durch die elliptische Polarisation des von der Metallplatte durchgelassenen Lichtes die senkrecht zur Einfallsebene des Metalls polarisirten Strahlen weniger geschwächt, als die parallel zur Metall-Einfallsebene polarisirten Lichtstrahlen. Im Allgemeinen verdienen also die Beobachtungen an Strahlen, die parallel der Einfallsebene der dicken Planparallelgläser und senkrecht zur Einfallsebene der Metallplatte polarisirt sind, wegen der gröfseren Helligkeit das gröfsere Vertrauen und es mufs daher um den Einfallswinkel J zu ändern, die Metallplatte um eine horizontale Axe gedreht werden. Jedoch sind auch der Controlle halber die Beobachtungen beim Drehen der Metallplatte um eine verticale Axe angestellt worden, sowie für Licht, das senkrecht zur Reflexionsebene der dicken Planparallelgläser polarisirt war.

Die folgende Tabelle giebt die Beobachtungen an einer Platte von blauvioletttem Silber, die angeblich nach dem Foucault'schen Verfahren ¹⁾ auf einer planparallelen

1) Le Verrier, *Ann. de l'observatoire imperiale* tome V, p. 179.

Glasplatte dargestellt und polirt war. Die Dicke betrug $0^{\text{mm}},000122$ bis $0^{\text{mm}},0001788$. Bei senkrechtem Auffall der Strahlen, für $J = 0$, beobachtete ich eine Verschiebung der Interferenzstreifen von $-0,2$ oder $-0,3$ des Abstandes der Interferenzstreifen im Spectrum in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie F . Das negative Zeichen der Verschiebung zeigt, daß $n < 1$ war. Die erste Columnne enthält die Einfallswinkel, die Folgenden die beobachtete Verschiebung in Bruchtheilen des Fransenabstandes, je nachdem das Licht parallel (\neq) oder senkrecht (\perp) zur Einfallsebene der durchsichtigen Metallplatte polarisirt war. Für die zweite und dritte Columnne war diese Einfallsebene horizontal, für die vierte und fünfte vertical. Gleichzeitig ist angegeben, ob das Gesichtsfeld hell oder dunkel erschien.

Metall-Einfallsebene	horizontal		vertical		
	Gesichtsfeld	hell	dunkel	dunkel	hell
J	\neq	\perp	\neq	\perp	
0°	$-0,25$	$-0,25$	$-0,25$	$-0,25$	
20	$-0,35$	$-0,3$	$-0,3$	$-0,3$	
30	$-0,3$	$-0,3$	$-0,4$	$-0,3$	
40	$-0,4$	$-0,27$	$-0,2$	$-0,2$	
50	$-0,3$	$-0,2$	$-0,2$	$-0,1$	
60	$-0,2$	$-0,1$	$-0,1$	$-0,1$	
70			$-0,1$	0	

Man sieht daraus, daß im Allgemeinen die Verschiebung für parallel zur Einfallsebene polarisirtes Licht um $0,1$ des Fransenabstandes größer ist, als für Licht, senkrecht zur Einfallsebene polarisirt, oder das in Uebereinstimmung mit meinen Versuchen am Babinet'schen Compensator, die in der Einfallsebene polarisirten Lichtstrahlen den anderen voraus sind. Diese letzteren senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichtstrahlen erlitten bei $J = 70^\circ$ keine Verschiebung mehr; es würde also nach Gleichung (5)

$$\eta = 70^\circ \cos \eta = n = 0,342$$

seyn. Dabei ist freilich vorausgesetzt, daß die senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Lichtstrahlen keine Aenderung

der Phase beim Durchgange durch die Metallplatte erleiden, was nach anderweitig von mir angestellten Versuchen nicht in aller Strenge richtig zu seyn scheint.

Es würde sich der Brechungsexponent n nun ferner auch berechnen lassen aus der gemessenen Verschiebung Δ der Interferenzstreifen, wenn die Dicke des Metallblättchens D bekannt ist. Bezeichnet a den Abstand der Interferenzstreifen im Spectrum, λ_m die Wellenlänge der betreffenden Farbe im Metall, λ dieselbe in Luft, so ist ¹⁾

$$(7) \quad \Delta = a \cdot D \left(\frac{1}{\lambda_m} - \frac{1}{\lambda} \right)$$

oder wenn man den Brechungsexponenten des Metalls setzt

$$n = \frac{\lambda}{\lambda_m}$$

$$(8) \quad \Delta = a \cdot \frac{D}{\lambda} (n - 1)$$

woraus dann folgt

$$(9) \quad n = 1 + \frac{\lambda}{D} \frac{\Delta}{a}$$

$\frac{\Delta}{a}$ ist die beobachtete Verschiebung der Interferenzstreifen gemessen in Vielfachen des Abstandes der Fransen. Sie ist positiv, wenn das Licht in dem Metallblättchen mit geringerer, negativ, wenn es in demselben mit grösserer Geschwindigkeit als in Luft sich fortpflanzt.

Ist die Theorie richtig, so muß sich aus den Gleichungen (5) und (9) für n derselbe Werth ergeben.

Die Verschiebung der Interferenzstreifen im Spectrum des angewandten Apparates wurde nun in der Nähe der Fraunhofer'schen Linie F beobachtet, so daß man setzen kann

$$\lambda = 0^m,0005.$$

Die Verschiebung $\frac{\Delta}{a}$ betrug $-0,25$ des Fransenabstandes bei senkrechter Incidenz. An der Stelle, wo die Lichtstrah-

1) Vergl. Neumann, Gesetze der Doppelbrechung des Lichtes in comprimierten Körpern. Abh. der Acad. d. Wissensch. zu Berlin 1841, II S. 52.

len durch das Silber hindurchgegangen waren, wurde ein Iodkorn aufgelegt, um an dieser Stelle die Dicke des Silbers nach dem von Fizeau¹⁾ angegebenen Verfahren zu bestimmen. Es bildete sich eine Iodsilberschicht, die, wenn man senkrecht auf dieselbe sah, gelb im durchgehenden, rostbraun im reflectirten Licht erschien und von 3 dunklen Ringen umsummt war. Es entspricht dies einer Luftdicke von $0^{\text{mm}},001652$ bei den Newton'schen Farbenringen. Ist nun ε die Dicke der entsprechenden Luftschicht der Newton'schen Farbenringe, von gleicher Farbe, wie die Iodsilberschicht, ist ferner

das Aequivalent des Silbers	$\text{Ag} = 107,9$
" des Iodsilbers	$\text{JAg} = 234,9$
die Dichtigkeit des Iodsilbers	$d_1 = 5,602$
" des Silbers	$d_2 = 10,55$
der Brechungsexponent des Iodsilbers	$n_1 = 2,246$

so ist die gesuchte Dicke D der Silberschicht, aus der sich das Iodsilber gebildet hatte

$$(10) \quad D = \frac{\text{Ag}}{\text{JAg}} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{1}{n_1} \varepsilon = 0,1086 \varepsilon$$

oder für diesen speciellen Fall

$$D = 0,1086 \cdot 0^{\text{mm}},001652 = 0^{\text{mm}},0001788.$$

Setzt man in die Gleichung (9) diese Werthe für λ , D und $\frac{A}{a}$ ein, so ergibt sich

$$n = 1 + \frac{0,0005}{0,0001788} \cdot (-0,25) = 0,323.$$

Die Uebereinstimmung dieses Werthes mit dem durch die andere Methode gefundenen ist weit gröfser, als die Genauigkeit der Versuche erwarten läfst.

Eine Bestimmung an einer anderen Silberplatte ergab

$$D = 0^{\text{mm}},00005985 \quad \frac{A}{a} = -0,05$$

und daraus nach Gleichung (9)

$$n = 0,6.$$

Der Unterschied zwischen beiden Bestimmungen 0,3 und 0,6 kann nicht befremden, da ich schon früher (a. a. O.

1) *Comp. rend. LII* 1, 1861 p. 274.

S. 128), darauf aufmerksam gemacht habe, daß bei demselben Metall noch viel größere Unterschiede in dem Brechungsexponenten vorkommen, und eine Metallplatte beim bloßen Liegen ihren Brechungsexponenten verändert, so daß er selbst größer als 1 werden kann.

Es mag hier übrigens noch bemerkt werden, daß Eisenlohr¹⁾ aus Jamin's Beobachtungen für die elliptische Polarisation des Lichtes von der Farbe der Fraunhofer'schen Linien F, das an einer polirten Silberplatte reflectirt worden war, mit Hülfe der Theorie abgeleitet hat

$$n = 0,4971$$

was zwischen den von mir gefundenen Werthen liegen würde.

Aus den beschriebenen Versuchen folgt also, daß der Brechungsexponent der Metalle von dem Einfallswinkel abhängt, und mit wachsendem Einfallswinkel zunimmt.

V. Ueber die Krystallform des Löwig'schen Desoxalsäureäthyläthers;

von Lothar Meyer,

Privatdocent in Breslau.

Auf Wunsch des Hrn. Geh. Rath Prof. Löwig habe ich die Krystallform der von demselben entdeckten und als Desoxaläther oder Desoxalsäureäthyläther beschriebenen¹⁾ interessanten Verbindung bestimmt.

Die Kenntniss dieser Krystallform erschien um so wünschenswerther, als die genannte Substanz in sehr naher Beziehung steht zur Traubensäure und dadurch zu den op-

1) Pogg. Ann. Bd. 104 S. 375.

2) Abhandl. d. schlesisch. Gesellsch. f. vaterländ. Cultur 1861 Heft 1 und 2; auch: Journ. f. pract. Chemie Bd 62 und 64.

tisch wie krystallographisch so merkwürdigen verschiedenen Modificationen der Weinsäure.

Wie bereits a. a. O. veröffentlicht, erhielt Löwig den Desoxaläther, als er versuchte, künstlich den Proceß nachzuahmen, durch welchen, unter der Einwirkung des Sonnenlichtes, in den Pflanzen aus der Kohlensäure die verschiedenartigen, im Verhältniß zum Kohlenstoff weniger Sauerstoff und außerdem noch Wasserstoff enthaltenden Säuren entstehen, welche durch weitere Reduction, aller Wahrscheinlichkeit nach, später in Zucker, Gummi, Stärke und Cellulose übergehen. Da höchst wahrscheinlich die im Pflanzenreiche so verbreitete Oxalsäure das erste Product in der Reihe dieser stufenweise fortschreitenden Reductionen ist, so konnte zunächst eine Verbindung dieser Säure zum Ausgangspunkte der Versuche genommen werden. Um den störenden Einfluß sehr kräftiger Affinitäten zu vermeiden, wurde eine möglichst indifferente solche Verbindung, der Oxalsäureäthyläther, gewählt.

Dieser, mit seinem etwa gleichen Volume eines 3 bis 4 Proc. Natrium enthaltenden Amalgames, unter Vermeidung jeder erheblichen Temperaturerhöhung, geschüttelt, verwandelt sich durch Abscheidung fester Umsetzungsproducte in eine dickflüssige zähe Masse, aus welcher durch wasserhaltigen Aether die neue Verbindung ausgezogen wird. Die ätherische Lösung wird durch wiederholtes Schütteln mit Wasser von anderen Zersetzungsproducten gereinigt und hinterläßt dann nach dem Verdunsten des Aethers, einen syrupartigen Rückstand, aus welchem sich der Desoxaläther in auffallend großen, schönen Krystallen abscheidet. Durch Umkrystallisiren aus Wasser von etwa 50°, in dem er sehr viel leichter löslich ist als in kaltem, kann derselbe sehr leicht vollkommen rein erhalten werden.

Es ist nach Löwig's Untersuchungen wahrscheinlich, daß diese Verbindung nicht unmittelbar durch die Einwirkung des Natriumamalgames, sondern daß zunächst eine Zwischenstufe, und aus dieser erst durch das mit dem Aether hinzugesetzte Wasser der Desoxaläther entsteht.

Dieser Stoff ist ausgezeichnet durch die Leichtigkeit, mit welcher er in großen, schönen Krystallen erhalten werden kann. Er ist löslich in Wasser ¹⁾, Weingeist und Aether. Er schmilzt nach Löwig's Versuchen bei 85° und erstarrt wieder bei 80° C. Stärker erhitzt, erstarrt er entweder erst nach einiger Zeit oder freiwillig gar nicht mehr. Ebenso krystallisirt die auf dem Wasserbade zum Syrup eingedunstete wässrige Lösung schwierig oder gar nicht ²⁾. Trocken vorsichtig erhitzt, sublimirt die Verbindung unverändert.

Durch Wasser wird dieselbe weder in der Kälte noch in der Hitze verändert. Die Lösung schmeckt rein bitter, reagirt schwach sauer. Sie ist ohne Einwirkung auf die Polarisationssebene des Lichtes. Sie reducirt Silber und Kupfersalze unter denselben Bedingungen wie Frucht- und Traubenzucker. Durch verdünnte starke Mineralsäuren zerfällt die Verbindung bei 100° in Kohlensäure, Weingeist und Traubensäure, durch Alkalien in Weingeist und das Salz einer neuen, von ihrem Entdecker »desoxydirte Oxalsäure« oder Desoxalsäure« genannte, dreibasische Säure. Die ursprüngliche Verbindung muß daher als Aethyläther dieser Säure betrachtet werden, obwohl sie sich von den Aethern der mit der Desoxalsäure nahe verwandten Pflanzensäuren durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung des Wassers auffallend unterscheidet. Der Desoxaläther scheint durch diese, wie durch einige andere Eigenschaften, eine Uebergangsstufe von den gewöhnlichen zusammengesetzten Aethern zu den Zuckerarten zu bilden.

Seine Zusammensetzung wird dargestellt durch die Formel $(C_2H_5)_2C_2H_3O_8$, die der Desoxalsäure durch $C_2H_3O_8$ ³⁾.

1) 10 Theile Wasser lösen bei 16° C. 1 Theil (Löwig).

2) Wird aber diese syrupdicke Flüssigkeit mit Aether vermischt, so verwandelt sie sich sofort in ein Haufwerk kleiner Krystalle, die nach dem Abdunsten des Aethers fast vollständig trocken zurückbleiben. Durch Umkrystallisiren aus warmem Wasser erweisen sich dieselben als unveränderter Desoxaläther.

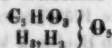
3) Nach den von Kekulé (*Bull. de l'Acad. d. Brux. 2^{me} sér. tom. X No. 7*; *Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 117*) und Wurts (*Ann. chim.*

Der Aether ist bisjetzt nicht rückwärts aus der Säure erhalten worden.

Zur Bestimmung der Krystallform benutzte ich ein dem hiesigen Universitätslaboratorium gehöriges, zugleich als Goniometer eingerichtetes Spectrometer mit 6zölligem Kreise aus der rühmlichst bekannten Werkstatt von Dr. Meyerstein in Göttingen. Dies Instrument erlaubt, mittelst seiner Nonien noch die Ableseung von $10''$, und giebt, wenn man durch Repetition oder eine andere geeignete Combination der Beobachtungen den Fehler der Excentricität eliminirt, wenigstens noch einzelne Minuten mit Sicherheit an. Diese Genauigkeit reicht weit hinaus über die Gränzen der im vorliegenden Falle erforderlichen, da verschiedene Krystalle derselben Substanz in den entsprechenden Winkeln außerordentlich große Abweichungen zu zeigen pflegen, die unter Umständen bis zu $20'$ und $30'$ betragen können.

Man kann, wie das bereits aus Prof. Löwigs Angaben bekannt ist, außerordentlich leicht, durch Abkühlen der etwa 50° C. warmen, nicht ganz gesättigten Lösung, sehr schöne und große Krystalle dieser merkwürdigen Verbindung erhalten; aber es ist außerordentlich schwer, dieselben ohne Verzerrungen und Verschiebungen im Innern darzustellen. Die Flächen sind meistens sehr schön glänzend, geben aber in der Regel vielfache Spiegelbilder. Die etwas größeren Krystalle pflegen im Inneren trübe zu seyn und zeigen sehr häufig vom Mittelpunkte ausgehende Sprünge, die sich bei einigermaßen rascher, wenn auch unerheblicher, Temperaturänderung sehr vergrößern und vermehren. Manchmal

phys. [3] 1. 56; Ann. Chem. Pharm. I. Suppl.) in neuerer Zeit für die Sättigungscapacität der Säuren aufgestellten Grundsätzen muß dieselbe typisch als »einfatomig und dreibasisch« betrachtet werden:



Nur drei Wasserstoffatome werden leicht durch Metalle vertreten. Doch existirt ein Bleisalz in welchem mehr als drei Atome Wasserstoff durch Metall ersetzt sind; wahrscheinlich wird sich, analog dem von Heintz (diese Ann. Bd. 111) entdeckten sechsfachen Bleisalz der Zuckersäure ein Bleisalz mit 5 Aequivalenten Blei erhalten lassen.

zerspringen dabei die Krystalle mit erheblicher Gewalt, meistens in der Richtung ihrer Spaltbarkeit. Alles dieses deutet darauf hin, daß innere Spannungen bestehen, und die Theilchen sich nicht in stabilen Gleichgewichtslagen befinden, und hieraus erklärt sich die beobachtete Inconstanz der Winkel.

Durch mehrmaliges Umkrystallisiren in einem Gefaße das zur Vermeidung von Erschütterungen auf warmem Wasser schwamm und mit diesem äußerst langsam abkühlte, habe ich zwar Krystalle erhalten, die außerordentlich scharfe einfache Spiegelbilder gaben, durch welche die Winkel bei wiederholten Beobachtungen bis auf einzelne Minuten übereinstimmend gemessen werden konnten; doch ist es mir nicht gelungen, zwischen den entsprechenden Winkeln verschiedener Krystalle eine eben solche Uebereinstimmung zu erzielen.

Von den sehr zahlreich angestellten Beobachtungen habe ich den an kleinen, klaren, ausgezeichnet spiegelnden Krystallen angestellten den Vorzug gegeben vor solchen, die an schlechter und mehrfach spiegelnden oder im Inneren trüben Krystallen gemacht wurden.

Die Krystalle sind zwei- und eingliedrig mit einer Neigung der Hauptaxe gegen die eine Nebenaxe von 85° und einigen Minuten.

Fig. 5 Taf. V giebt die Lage der Flächennormalen in Neumann's Kugelprojection. Fig. 6 Taf. V zeigt in den ausgezogenen Linien die Quenstedt'sche Projection der Flächen auf eine der schiefen Endflächen c parallele Ebene und zugleich, in der Neumann'schen Weise, die Orte der Flächennormalen und, punktiert, die Zonenlinien in derselben Ebene. Die Projectionen der Flächen sind mit ungestrichenen, die Orte der zugehörigen Normalen mit den entsprechenden gestrichenen Buchstaben bezeichnet. Fig. 7 Taf. V endlich giebt die perspectivische Ansicht des Krystalles. Die Buchstaben sind überall nach dem Princip gewählt, das Rammelsberg in seinem Handbuch der krystallographischen Chemie befolgt hat.

Die gewöhnlich vorkommende Form ist die Combination eines rhombischen Prisma, p , mit der Abstumpfungsfäche seiner scharfen Seitenkanten, a , der auf letztere Fläche gerade aufgesetzten basischen schiefen Endfläche o und dem Flächenpaar q aus der Diagonalzone der letzteren. Selten erscheint die vordere schiefe Endfläche, r , und noch seltener das vordere Augitpaar $\frac{1}{2}o$. Die Fläche $\frac{1}{2}a$ erscheint, wenn überhaupt, meist hemiëdrisch, und zwar habe ich dieselbe öfter rechts als links von der nach oben gekehrten Fläche r beobachtet, nur ein oder zweimal symmetrisch auf beiden Seiten genannter Fläche. Ob mit dem Vorkommen dieser Hemiëdrie eine Verschiedenheit des optischen Verhaltens verbunden sey, ob die Lösung dieser hemiëdrisch ausgebildeten Krystalle vielleicht doch die Polarisationsebene drehe und nur ihr Gemisch sich indifferent verhalte, habe ich bisjetzt nicht untersuchen können, da dieselben verhältnismässig selten vorkommen. Die Krystalle sind durch Vorherrschen der Fläche c häufig tafelförmig in der Richtung der beiden Nebenaxen ausgebildet und bilden alsdann meist annähernd quadratische Tafeln, deren schmale Seitenflächen durch a und q gebildet werden, während p sehr zurücktritt. Die Flächen c zeigen dabei manchmal eine Streifung parallel den vier Kanten wie von Andeutungen einer ganz flachen Pyramide.

Die Krystalle sind deutlich spaltbar parallel der Fläche a . Ein weniger deutlicher Blätterdurchgang scheint der vorderen schiefen Endfläche r parallel zu gehen; wenigstens zeigen sich auch in dieser Richtung manchmal Sprünge in Folge rascher Temperaturänderungen.

Für das Verhältniß der Axen und die Winkel der Kanten wurden durch Messung und Rechnung nachstehende Werthe erhalten:

$$\begin{aligned} a &= a : b : c; & p &= a : b : \infty c; & a &= a : \infty b : \infty c; \\ q &= b : c : \infty a; & o &= c : \infty a : \infty b; \\ r &= c : a : \infty b; \\ a : b : c &= 2,3529 : 1 : 1,8252. \end{aligned}$$

$$\text{Neigung von } c \text{ gegen } a; o = 85^\circ 8'$$

	berechnett	beobachtet
$p:p$ an a	$= 46^{\circ} 12'$	
" b	$= 133 \ 48$	
$p:a$	$=$	$* 114^{\circ} 4'$ $113^{\circ} 6' W.$
$a:r$	$=$	$* 130 \ 49$
$c:r$	$= 144 \ 12$	$144 \ 5$
$c:a$ spitzer W.	$=$	$* 85 \ 8$
" W.	$= 94 \ 52$	$94 \ 54 \ 94 \ 52 W.$
$c:q$	$= 118 \ 48$	$118 \ 42 \ 118 \ 48 W.$
$q:q$ an b	$= 122 \ 23$	$122 \ 22$
" c	$= 57 \ 37$	
$q:r$	$= 112 \ 57$	
$p:r$	$= 104 \ 52$	
$\frac{1}{2}o:r$	$= 133 \ 40$	$133 \ 52$
$\frac{1}{2}o:c$	$= 115 \ 21$	
$\frac{1}{2}o:q$	$= 144 \ 4$	
$\frac{1}{2}o:a$	$= 128 \ 17$	
$\frac{1}{2}o:p$	$= 151 \ 12$	$151 \ 20$
$p:q$ über der schärferen Kante $a:c$	$= 142 \ 18$	$142 \ 24$
über der stumpferen:	$= 145 \ 17$	$145 \ 20$

Die Temperatur schwankte während der Messungen zwischen 15 und $20^{\circ} C.$

Die mit einem Sternchen * bezeichneten Werthe wurden der Rechnung zu Grunde gelegt. Die mit nebenstehendem W sind Mittelzahlen aus einer Reihe von Beobachtungen die Hr. Oberberggrath M. Websky die Gefälligkeit hatte mit einem anderen Instrumente anzustellen.

Die Krystalle sind optisch zweiaxig und zwar negativ. Die Ebene der optischen Axen liegt senkrecht gegen die Hauptaxe c , also auch senkrecht gegen den Blätterdurchgang parallel der Fläche a . Parallel der letzteren geschliffene Platten von weniger als 1^{mm} Dicke zeigen im Nörrenberg'schen Polarisationsmikroskop die Lemniscaten. Hr. Oberberggrath Websky bestimmte, wozu mir die Einrichtung fehlte, den scheinbaren Winkel der optischen Axen annä-

hernd zu 40 bis 50°. Die Mittellinie derselben steht senkrecht auf der Kante $a : c$. Die Dispersion der Farben ist unbedeutend.

Breslau, im November 1863.

VI. *Bestimmung der magnetischen Inclination zu Freiburg (im Breisgau) durch inducirte Ströme; von J. Müller.*

Im Laufe des letzten Jahres liess ich für unser physikalisches Cabinet einen grossen Elektromagnet anfertigen. Die beiden Eisenkerne, welche auf einer sie verbindenden 1½ Zoll dicken Eisenplatte aufgeschraubt sind, haben 3 Zoll im Durchmesser und eine Länge von 15 Zoll.

Die Drahtwindungen, welche diese Eisenkerne umgeben, habe ich, um eine möglichst vielseitige Verwendung zu sichern, auf 6 Spulen vertheilt, deren 3 auf jeden Eisenkern aufgeschoben werden.

Auf jeder dieser Spulen ist ein mit Wolle übersponnener Kupferdraht von 3^{mm} Durchmesser in 11 Lagen aufgewickelt. Jede Drahtlage hat 30, jede Spule also 330 Windungen. Das Gewicht einer jeden Spule beträgt 18 Pfund.

Die Drahtenden jeder Spule sind mit Klemmschrauben versehen, so dass man dieselben in beliebiger Weise verbinden kann.

Diese Spiralen nun habe ich benutzt um die magnetische Inclination nach der Weher'schen Methode durch Messung der Ströme zu ermitteln, welche der horizontale und der verticale Theil des Erdmagnetismus in diesen Spiralen zu induciren im Stande ist, wenn dieselben in geeigneter Weise gedreht werden.

Zu diesem Zweck habe ich zunächst je zwei dieser Spiralen auf einen 3 Zoll dicken massiven Holzcyliner auf-

geschoben und dann die drei Holzcyylinder samt ihren Spiralen in einem starken hölzernen Rahmen AB befestigt, wie aus Fig. 3 Taf. IV Bd. CXIX zu ersehen ist.

Die Drahtenden der einzelnen Spiralen sind alldann so verbunden, daß sie gewissermaßen eine einzige Spirale von 1980 Windungen bilden.

Ist z. B. a die Schraubklemme, welche an dem innern Drahtende der Spirale 1 angelöthet ist, so ist alldann das äußere Drahtende von 1 mit dem inneren von 2, das äußere von 2 mit dem inneren von 3 usw. verbunden. Würde also das Drahtende a mit dem positiven, das äußere Drahtende der Spirale 6 mit dem negativen Pole irgend einer galvanischen Batterie verbunden, so würde der Strom nach einander in gleicher Richtung alle Windungen durchlaufen.

Der Rahmen AB ist nun um eine Axe drehbar, welche längeren Kanten parallel durch zwei starke Eisenstäbe gebildet wird, die in der Mitte der schmalen Seiten des Rahmens befestigt sind.

Das eine Ende dieser eisernen Umdrehungsaxe ist mit einem Kurbelarm und Handgriff H versehen, während das entgegengesetzte Ende der Axe mit einer Kugel endet, welche in einer halbkugelförmigen Höhlung des Querbalkens CD ruht.

Der Rahmen ist nun auf einem starken Gestell von Holz so angebracht, daß man der eben besprochenen Umdrehungsaxe nach Belieben eine horizontale oder eine verticale Lage geben kann. Unsere Figur stellt den Apparat bei verticaler Stellung der Umdrehungsaxe dar, bei welcher die Axen der Spiralen eine horizontale Lage haben.

Wenn der Rahmen bei verticaler Stellung der Umdrehungsaxe um dieselbe gedreht wird, so ist es der horizontale Theil des Erdmagnetismus, welcher Ströme in den Spiralen inducirt. Um die Wirkung dieser Ströme zu zeigen und um die Stärke dieser Induction zu messen, wird das freie Ende der Spirale 1 durch Draht ab mit dem einen, das freie Drahtende der Spirale 6 durch den Draht cd mit

dem andern Ende der Drahtwindungen eines hinlänglich weit entfernten Multipliers in Verbindung gesetzt.

Als Multiplikator diene bei meinen Versuchen das transportable Magnetometer, welches ich in dem zweiten Bande meines Lehrbuchs der Physik beschrieben habe (5. Aufl. S. 281).

Der Apparat wurde so aufgestellt, daß die Kante *MN* im magnetischen Meridian lag; es liegen alsdann auch die horizontalen Axen der 6 Spiralen im magnetischen Meridian, wenn man dem Rahmen *AB* die in unserer Figur dargestellte Stellung giebt.

Wird von dieser Stellung aus, die Kurbel in der Richtung des Pfeils bewegend, der Rahmen mit den Spiralen um 180° gedreht, so daß die Spiralen 1, 3 und 5, welche jetzt die vorderen sind, die hinteren werden, so wird dadurch der Magnetstab des Magnetometers um einen kleinen Winkel (wir wollen annehmen nach der linken Seite hin) abgelenkt, und diese Ablenkung wird mittelst der bekannten Spiegelvorrichtung durch ein Fernrohr abgelesen.

In dem Augenblick, in welchem der Magnetstab von seiner Excursion zurückkehrend die Gleichgewichtslage wieder passirt, wird der Rahmen mit den Spiralen durch eine rasche Drehung von 180° in entgegengesetzter Richtung wieder in seine ursprüngliche Lage zurückgebracht und dadurch ein Strom inducirt, dessen Richtung der des zuerst inducirten entgegengesetzt ist; dadurch wird eine Ablenkung nach der rechten Seite hervorgebracht, welche größer ist als die zuerst beobachtete, weil ja der Inductionstrom jetzt nicht mehr auf den ruhenden, sondern auf den bereits nach der rechten Seite hin sich bewegenden Magnetstab wirkt.

Wenn der Magnetstab von dieser Excursion zurückkehrend wieder die Gleichgewichtslage passirt, werden die Spiralen abermals in der Richtung des Pfeils um 180° gedreht und dadurch eine vergrößerte Ablenkung nach der Linken hervorgebracht usw.

Wenn man eine Zeit lang auf diese Weise fortfährt

jedösmal um 180° zu drehen; wenn der Magnetstab eben die Gleichgewichtslage passirt, so erreichen die Ausschläge bald ein Maximum; von nun an werden die Theilstriche der Scale notirt, welche am Fadenkreuz des Fernrohrs erscheinen, wenn nach der entsprechenden Drehung der Spiralen um 180° der Magnetstab seine Gränzlage auf der einen und auf der anderen Seite erreicht hat.

Eine solche Versuchsreihe gab folgende Resultate:

Ausschlag	
links.	rechts.
409,6 ^{mm}	428,5 ^{mm}
409,6	428,3
409,7	428,8
409,0	429,0
409,0	429,0
409,0	428,5
im Mittel 409,3	428,5

Im Mittel oscillirt also der Magnetstab zwischen den Theilstrichen 409,3 und 428,5.

Der Ausschlagsbogen $428,5 - 409,3 = 19,2$ ist der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus proportional und kann als Maass derselben dienen.

Um in ähnlicher Weise ein Maass für den verticalen Theil des Erdmagnetismus zu erhalten, wurde die Umdrehungsaxe des Rahmens AB horizontal gelegt, indem der Theil der Axe, an welchem die Kurbel H befestigt ist, aus dem horizontalen Balken GL herausgenommen und in eine halbkreisförmige Rinne in dem Querbalken EF hineingelegt wurde.

Bei dieser Lage der Umdrehungsaxe wird nun der Rahmen zunächst so gestellt, dafs die Axen der Spiralen vertical stehen. Von dieser Lage ausgehend wird dann die Axe mit dem Rahmen nach einer Seite um 180° hin und im entsprechenden Moment wieder um 180° zurückgedreht.

In dieser Weise fortfahrend wird die Beobachtung ganz in derselben Weise ausgeführt, wie wir sie oben kennen

lerüent. Die Gränzlagen, zwischen welchen in diesem Fall der Magnetstab des Multiplicators schwankte, waren

links.	rechts.
397,2 ^{mm}	438,5 ^{mm}
307,3	438,2
397,1	438,0
396,8	438,0
397,0	438,2
397,2	438,2
Mittel 397,1	438,2

woraus sich im Mittel ein Ausschlag von 41,1^{mm} ergibt, welcher ein Maafs ist für den verticalen Theil des Erdmagnetismus.

Nun aber ist die *trigonometrische Tangente der Inclination* gleich dem Quotienten, welchen man erhält, wenn man die verticale Intensität des Erdmagnetismus durch die horizontale Intensität dividirt, es ist also

$$\tan i = \frac{41,3}{19,2} = 2,1406$$

also

$$i = 64^{\circ} 57,6'.$$

Vergleichen wir dieses Resultat mit Lamont's Messungen (Magnetische Karten von Deutschland und Bayern, München 1854)!

Nach Lamont's Bestimmungen ist die Inclination in Freiburg um 28,9' gröfser als in München. Im Jahre 1852 betrug die

Inclination zu München 64° 54'

also die Inclination zu Freiburg 65° 22,9'.

Nach Lamont's Bestimmungen beträgt aber gegenwärtig die Abnahme der Inclination in 10 Jahren 25', in 11 Jahren also 27,5', wonach sich für 1863 die Inclination von Freiburg gleich.

$$64^{\circ} 55,4'$$

ergibt, was von meinem Resultat nur um 2,2 Minuten abweicht.

(Freiburg im März 1863).

VII. *Notiz über eine einfache Vorrichtung zur Bestimmung der magnetischen Declination;*

von Dr. Mauritius,

Gymnasial-Lehrer in Coburg.

Vor einem Jahre etwa legte ich Hr. Geh. Hofrath Gerling in Marburg, dessen Assistent ich damals war, einen Plan zur Bestimmung der magnetischen Declination vor. Leider gelangte ich wegen Abreise von dort nicht mehr zur Ausführung desselben.

Ich erlaube mir ihn mit wenigen Worten hier anzudeuten, weil vielleicht Jemandem damit gedient ist einen Theodolithen mit einem Aufwand von wenigen Thalern in ein zur Declinationsbestimmung ausreichendes Messinstrument zu verwandeln.

Man denke sich an die beiden Stützen des Theodolithen zwei V-förmige Messingstreifen mit der Spitze nach unten angeschraubt, so daß die Ebene der VV mit dem Rohr parallel ist. Die Verbindungslinie von je zwei der oberen Enden ist parallel der Fernrohraxe und es läßt sich einrichten, daß eine davon gerade über dem Objectiv des horizontal gestellten Rohres in einiger Entfernung davon weggeht. Wird diese Linie durch einen festen Draht gebildet (welcher also in zwei gegenüberliegende Enden der VV eingelegt ist), so kann man an demselben eine Röhre aufhängen, die am unteren Ende ein Kästchen trägt. Dieses soll gerade vor dem Objectiv hängen und in ihm soll hinter einem Fensterchen der kleine Magnet mit dem Spiegel schweben. Der Coconfaden geht durch die Röhre. Der Spiegel ist durch ein Stückchen planparalleles Glas gebildet was auf beiden Seiten versilbert und mit dem Magnet fest verbunden ist. Man kann dies System mit Hülfe zweier oben und unten befindlicher Haken in zwei Lage aufhängen. Das Ocular des Fernrohrs muß die Beleuchtung der Fäden erlauben. Es geht mit Hülfe eines

mit Wachs schief vorgeklebten Deckgläschens, wie es Kowalski zuerst anwandte, doch ist nach allgemeiner Erfahrung die Anwendung von Prismen zur Beleuchtung bequemer.

Blickt man in das Fernrohr, so wird man neben den Fäden ein Bild derselben schweben sehen, wenn die Collimationslinie normal zur Ebene des Spiegels ist. Man kann diese Lage durch Drehen des Limbus herbeiführen. Wäre nun die Fläche des Spiegels parallel der magnetischen Axe, so würde die Collimationslinie auf einen Punkt des Horizonts weisen, welcher um 90° vom magnetischen Nordpunkt abläge. Man könnte das Azimut desselben also an irgend einem terrestrischen Objecte mit bekanntem Azimut ermitteln.

Die Ebene des Spiegels macht aber im Allgemeinen einen gewissen Winkel mit der magnetischen Axe. Man hängt daher den Magnet verkehrt auf, schlägt das Rohr durch, hängt die Röhre in die andern Enden der VV ein und stellt jetzt die Collimationslinie normal zur zweiten reflectirenden Fläche des planparallelen Glases. Die Linie, welche den Winkel zwischen den beiden erhaltenen Richtungen der Collimationslinie halbirt, weist auf den magnetischen Nordpunkt, und man findet zugleich das Zweifache des Winkels, welche die magnetische Axe mit der Spiegelebene macht.

Es würde über die Grenzen einer Notiz hinausgehen, wenn ich ausführlicher die zahlreichen Combinationen besprechen wollte, welche sich zur Bestimmung der Ungenauigkeitsconstanten des Apparats in den Beobachtungen gegeben finden. Eine kurze Ueberlegung wird lehren, daß auch der Einfluß der stählernen Axenenden des Rohrs, selbst wenn sie ansehnlich magnetisch wären, einerseits sich eliminirt, anderseits der Größe nach bestimmt werden kann.

Für den Gebrauch wäre es gut, die Stützen nicht zu schwach zu wählen. Dem Kästchen würde sich als Boden ein herausziehbarer Schieber geben und die Röhre zum Zusammenschieben einrichten. Dann könnte man den frei her-

aushängenden Magnet leicht behandeln. Auch dürften sich kleine Druckklemmen aus Bequemlichkeitsrücksichten besser empfehlen als Haken. Zum Beruhigen würde sich mit großem Vortheil die kürzlich in diesen Annalen von mir beschriebene Beruhigungsmethode anwenden lassen.

Ein auf die angegebene Weise armirter Theodolith unterscheidet sich also von dem Lamont's dadurch, daß der Magnet excentrisch angebracht ist, was durch den Parallelismus der magnetischen Meridiane für zwei wenig von einander entfernte Punkte möglich gemacht ist.

VIII. *Ueber zwei neue Meteoritenfälle;* von G. Rose.

(Aus d. Monatsberichten d. K. Acad. 1863, October.)

In der Gesamtsitzung von 22. October d. J. berichtete G. Rose nach Mittheilungen, die ihm Hr. Prof. Grewingk in Dorpat gemacht hatte, über zwei neue Meteoritenfälle.

Der erste derselben ereignete sich am 2. Juni d. J. Morgens 7 Uhr auf dem Gute Buschhof bei Jacobstadt in Kurland. Der Meteorit fiel bei ganz wolkenlosem Himmel und völliger Windstille mit starkem Brausen und heftigem Knall; nach Angabe der in der Nähe befindlichen Hirtenknaben ging er ihnen in schräger Richtung von NW. nach SO. über die Köpfe, und schlug in die Erde etwa 1½ Fuß tief ein. Der Stein, 12½ Pfund Russ. an Gewicht, befindet sich jetzt im Besitz des Hrn. v. Kieter, Präsidenten des baltischen Domainenhofes, der einen Theil davon dem mineralogischen Cabinet der Universität Dorpat als Geschenk überlassen will. Nach Prof. Grewingk hat er in seiner Beschaffenheit große Aehnlichkeit mit dem 1855 auf der Insel Oesel gefallenem Meteorstein, gehört also nach

der von dem Verfasser vorgeschlagenen Eintheilung der Meteorite zu der großen Abtheilung der Chondrite und zwar zu den weissen undeutlich krystallinischen. Der zweite Fall ist noch interessanter und grössartiger. Er ereignete sich am 8. Aug. d. J. Mittags 12½ Uhr beim Pastorat Pillistfer im Fellin'schen Kreise Nord-Livlands an folgenden acht in einer Richtung von ungefähr NNW. nach SSO. auf einander folgenden Punkten, deren äusserste in gerader Richtung 11 bis 12 Werst von einander entfernt sind: Kurla-Krug, Heuschlag des Ankoma-Gesindes, Badstube Pöllenikko, Gesinde Takki, Hofsfeld des Gutes Wolmarshof (2 Steine), Dorf-Unnakfer. Die beiden erstgenannten Punkte gehören zum Gute Cabbal, die übrigen zu Wolmarshof. Drei der gefallenen Steine sind bisher gefunden, der Ankoma-Stein, der Kurla-Stein und der Wabhe-Stein; man hat aber Hoffnung noch mehrere zu finden. Der Fall ereignete sich bei unfreundlichem Wetter, NNW.-Wind und einer Temperatur von 8° bis 10° R.; ebenfalls mit einer Detonation, die mehr oder weniger stark in einem Umkreise von ungefähr 17 Werst im Halbmesser gehört wurde; eine Feuererscheinung wurde wie bei dem vorigen nicht wahrgenommen.

1. Der Ankoma-Stein machte ein Loch in dem Boden das unter einem Winkel von ungefähr 75° von NW, nach SO. gerichtet war und 14" schwarze Moorerde, 5" graublauen Lehm und 8" mit Lehm verbundenes Kalkgerölle durchsank. In der letzten Schicht steckte der Stein mit der Spitze voran so fest, dass er nur mit einem Brecheisen herauszuholen war. Er hat im Allgemeinen die Gestalt einer sechseitigen Pyramide, deren Höhe 6" und deren Basis im Minimum 8½" misst. Die schwarze Rinde ist matt rauh und dünn. Das Gewicht des Steins beträgt gegenwärtig 28,77 Pfd., doch mag er ursprünglich 30 Pfd. gewogen haben; sein specifisches Gewicht = 3,663. Der Stein befindet sich jetzt im Besitz des Gutsherrn, Baron Richard Vietinghoff, der ihn behufs der Untersuchung nach Dorpat geschickt hat.

2. Der Kurla-Stein war mit Geräusch in einen Schweinestall gefallen; die Bewohner des Kruges bemerkten dabei eine über dem Dache des Stalles aufsteigende Staubwolke, erwarteten in der Meinung der Blitz habe eingeschlagen, das Ausbrechen von Feuer, beruhigten sich aber, da weiter nichts erfolgte damit, daß es ein kalter Schlag gewesen sey. Beim Oeffnen des Schweinestalls stürzten die Bewohner desselben angstvoll heraus. Diese Vorgänge wurden am Abend desselben Tages im Pastorat Pillistfer, wo man die Detonationen ebenfalls vernommen hatte, bekannt, und veranlaßten den Quintaner August Mickwitz Besitzer einer Mineraliensammlung und fleißigen Besucher der Universitätsammlung, einen Meteorsteinfall vorauszusetzen und nach dem Stein zu suchen. Mit einem Licht in der Hand wurde der finstere, unsaubere Schweinestall durchmustert, und in dem Unrath der Stein richtig gefunden. Nach der Lokaluntersuchung war der Stein an der Hinterseite des Gebäudes in den untern, ein Paar Fufs über der Mauer gelegenen Theil des Daches gedrungen, hatte 1½ Dachziegel mitgenommen, vom Sparrenholz ein Stück fortgerissen, eine Latte (Querholz zum Auflegen der Ziegelnase) auf ein Fufs Länge zertrümmert und war dann durch das ziemlich starke Bretterdach des Schweinestalls in denselben eingedrungen. Die Gestalt des Steines ist ungefähr die einer vierseitigen sich sehr allmählich verjüngenden nach oben sich etwas krümmenden Pyramide mit quadratischer Grundfläche. Seine Höhe beträgt 8½" die Seiten der Grundfläche sind 4 bis 5" lang, die Flächen ziemlich eben, die Rinde wie beim vorigen. Er wiegt 16,79 Pfund und hat ein spec. Gew. = 3,620. Er soll dem mineralogischen Cabinet der Universität vermacht werden.

3. Der Wahbe-Stein wurde am 19. Aug. von einer Bauersfrau dem Pastor E. Mickwitz zugestellt, von diesem dem Kurator der Universität, Graf Keyserling überreicht und dann dem mineralogischen Cabinet der Universität einverleibt. Er war auf ein ziemlich hochgelegenes Brachfeld des Wolmarshof'schen Gutes Wahbe gefallen, und durch-

drang dabei 9" bräunliche Ackerkrume und 2" festes Kalkgerölle. Im letztern lag er mit dem spitzen Ende nach oben, und hatte nach unten das Kalkgeröll zertrümmert. Seine Gestalt ist mehr plattenförmig; seine größte Fläche bildet ein unregelmäßiges Fünfeck, dessen größte Breite 4" beträgt. Die sonst schwarze matte Rinde ist hier glänzend und irisirend. Man bemerkt an der größten Fläche wie einer kleinern, starke Eindrücke oder gegen $\frac{1}{4}$ " tiefe Löcher. Der Stein wiegt jetzt 3,626 Pfund, mag aber bei seiner Ankunft 4 Pfund betragen haben; sein spec. Gew. = 3,565.

Zwölf Meilen weiter südlich von dem südlichsten Punkte, dem Dorfe Unnakfer, wo die angeführten Meteorsteine gefallen sind, hat man ebenfalls an dem 8. Aug. Mittags 1 Uhr beim Schlosse Ernes noch zwei Meteoriten bemerkt. Der Besitzer des Gutes Ernes, Eduard v. Walter und dessen Bruder Hermann, beobachteten nämlich, wie zwei Meteorite ohne Geräusch in den Awoting-Moor fielen, der 6 Werst vom Hofe belegen ist. Diese Nachricht traf in Dorpat ein, bevor daselbst der Pillistfer'sche Fall bekannt geworden war. Genauere Mittheilungen sind noch nicht eingegangen.

Die drei Pillistfer'schen Steine passen nicht aneinander sie unterscheiden sich etwas im specifischen Gewichte und in der Beschaffenheit der Rinde. Ersteres wäre bei einem Gemenge ungleichartiger Theile nicht auffallend, wohl aber letzteres, was daher wohl noch der genaueren Untersuchung bedürfen möchte. Prof. Grewingk hat dem Verfasser eine kleine Probe von einem dieser Steine geschickt mit der Bitte ihn mit anderen Meteoriten zu vergleichen, und seine Stellung im System zu bestimmen, wozu die Dorpater Meteoritensammlung nicht hinreicht. Letzterer fand ihn soweit man nach der kleinen übersendeten Probe urtheilen konnte, den Meteorsteinen von Erleben und Klein-Wenden so ähnlich, daß er von ihnen nicht zu unterscheiden seyn möchte. Er gehört also auch zu den Chondriten, aber zu der ersten Abtheilung derselben. Die Pro-

fessoren Grewingk und Schmidt sind nun mit einer näheren Untersuchung dieser Meteoriten beschäftigt.

IX. *Ein Hand- und Reisespectroskop; von Dr. R. Th. Simler¹⁾*

Docent der Chemie in Bern.

(Besprochen und vorgewiesen in den Sitzungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern vom 7. Februar und 14. März 1863).

Seit die Chemie dem bewunderungswürdigen, praktischen Scharfblicke der Forscher Kirchhoff und Bunsen in Heidelberg eine ganz neue Richtung qualitativer Untersuchung — die genannte *Spectralanalyse* — verdankt, sind auch die dazu erforderlichen optischen Apparate, die *Spectroskope*, rasch der Vervollkommnung und zum Theil der Vereinfachung entgegen gegangen. Kirchhoff und Bunsen haben zunächst selbst ihrem ursprünglichen Apparate eine neue handlichere Gestalt gegeben und es nicht nur ermöglicht, die hellen und dunkeln Linien der verschiedenen Spectren mit Hülfe einer Scale hinsichtlich ihrer gegenseitigen Abstände zu prüfen, sondern auch gleichzeitig zwei verschiedene Lichtquellen durch Superposition ihrer Spectren zu vergleichen. Der Apparat hat in der berühmten optischen Werkstätte von Steinheil in München eine Gestalt erhalten, die, was Eleganz und Vollkommenheit betrifft, nicht viel zu wünschen übrig läßt; der Preis dagegen ist, wie begreiflich, ein solcher, daß der einzelne Laborant sich dessen Anschaffung meist versagen muß. Auch ist er nicht geeignet, viel herumgetragen zu werden, sondern hat mehr die Bedeutung eines stationären Instrumentes für chemische und physikalische Laboratorien.

1) Aus den Berner Mittheilungen No. 528 S. 62. vom Hrn. Verf. über-
setzt. P.

Kaum drang die Nachricht von der Spectralanalyse nach Paris, als auch die Pariser optischen Werkstätten sich mit der Construction von Spectralapparaten befassten. Das physiologische Institut der Universität Bern besitzt einen solchen von Ruhmkorff, der gewissermaßen eine vereinfachte Miniaturausgabe des Kirchhoff-Bunsen'schen darstellt ¹⁾.

Während aber alle bisherigen Instrumente das Gemeinsame hatten, Standinstrumente zu seyn, die eine Beobachtung nur in horizontaler Richtung gestatteten, war es Professor Mousson in Zürich vorbehalten, dem Spectralapparat eine Form zu geben, welche ihm den grossen Vortheil der leichten Tragbarkeit und Verwendung nach allen Richtungen des Raumes sicherte ²⁾. Er nannte ihn einfach »Spectroskop«. Dieses Spectroskop bestand aus einem Messingrohr von 12 Zoll Länge, an dessen einem Ende die Spalte, am andern das Flintprisma sich befand. Um das Instrument noch portativer zu machen, schlug Mousson vor, die Röhre nach Art der Perspective zusammenschiebbar zu fertigen, welcher Vorschlag auch alsbald von den Mechanikern Herrmann und Stüder in Bern ausgeführt wurde.

Da alle Complicationen durch Scalen und Fernröhren wegfielen, so konnte das Instrument zu dem civilen Preise von 40 Fr. gefertigt werden; das Haupthinderniß einer Popularisirung der Spectraluntersuchen, der hohe Preis der Instrumente nämlich, war somit beseitigt. Das Mousson'sche Spectroskop zeigt die stärkern der Fraunhofer'schen Linien deutlich und reicht daher für die gewöhnlichen qualitativen Untersuchungen im Laboratorium vollkommen aus. Mit Hilfe einer Baumschraube läßt es sich an jedem Holzstativ festmachen, und kann alsdann nach jeder Lichtquelle gerichtet werden.

Da ein Flintprisma, wenn es nicht ganz vorzüglicher

1) Siehe Abbildung in Valentini: Der Gebrauch des Spectroskopes S. 18

2) Mousson, *Resumé de nos connaissances sur le spectre*. Archiv des sciences de la bibliothèque universelle. Genève Mars 1861.

Qualität ist, immerhin ein nur schmales Spectrum erzeugt, und die Zerstreuung bei jeder andern Flintglassorte wieder eine andere wird, so hat man es auch wohl durch ein Hohlprisma, das mit Schwefelkohlenstoff gefüllt ist, ersetzt, oder ein zweites zerstreues Prisma zugefügt; man hat schliesslich auch noch, wie bei dem Kirchhoff-Bunsen'schen Apparate, eine Scale zur Verification der hellen Linien seitlich neben dem Prisma angebracht, deren Bild alsdann durch Reflexion an der dem Auge zugekehrten Prismenfläche gleichzeitig mit dem Spectrum gesehen wird.

Diese Zuthaten haben das Spectroskop allerdings etwas vervollkommenet, aber dessen Preis auch wieder dermassen erhöht, dass er mir mit den vermehrten Leistungen dennoch nicht in richtiger Proportion zu stehen scheint. Zugleich machen mehrere Prismen und eine Scalenvorrichtung einen gröfseren Kasten am Ocularende der Röhre nothwendig, wodurch das Instrument viel von seiner Handlichkeit verliert.

Ein solches Spectroskop mit zwei Flintprismen, dem hiesigen physikalischen Cabinet angehörend, habe ich vielfach gebraucht, unter Anderem zu meinen Untersuchungen über Absorption und Fluorescenzerscheinungen beim Chlorophyll und ich hatte in Folge dessen Gelegenheit, einen wesentlichen Mangel aller bisherigen Spectroskope lebhaft zu empfinden.

Dieser Mangel besteht in der Schwierigkeit des Einvisirens der Lichtquelle. Da die Spalte oft kaum $\frac{1}{2}$ Millimeter weit geöffnet ist und man unter einem zur optischen Axe des Instrumentes spitzen Winkel in die Ocularöffnung sieht, der Lichtquelle also förmlich den Rücken kehrt, so ist diese Schwierigkeit des Einvisirens leicht begreiflich, namentlich wenn das Rohr nicht an ein Stativ festgeschraubt ist, sondern von der Hand getragen wird.

Am allermeisten empfand ich diesen Uebelstand, wenn ich das elektrische Licht Geissler'scher Röhren, oder die Fluorescenzkegel verschiedener Substanzen spectroscopisch betrachten wollte.

Nichts war mir daher näher liegend als die Frage: Sollte sich das Spectrum nicht in die Axe des Instrumentes zurückbringen lassen, so, daß es gerade über die Spalte projecirt wird und auf diese Art Auge, Spalte und Lichtquelle in ein und derselben Geraden sich befinden?

Diese Frage konnte nicht gestellt werden, ohne die Antwort augenblicklich in doppelter Weise zu erhalten.

Die Optik bietet uns nämlich zwei Mittel dar, die praktisch verwendbar sind, um einen Lichtstrahl von seiner Bahn abzulenken: 1) das Princip der *Reflexion* oder Spiegelung, 2) das Princip der *Refraction* oder Brechung. Das erstere ist offenbar das einfachere; die Anwendung des letzteren ist nichts anderes als die umgekehrte Aufgabe der Achromasie; ein zerstreutes Lichtbündel soll ohne Aufhebung der Zerstreuung in die ursprüngliche Richtung des unzerstreuten Lichtstrahles abgelenkt werden.

Es ist klar, daß diese Aufgabe nur mit Hülfe *achromatischer Prismen* gelöst werden kann, da ein vollkommen achromatisches Prisma bekanntlich eine Ablenkung ohne Zerstreuung bewerkstelligt. Damit nun diese zweite Ablenkung für eine bestimmte Farbe genau dieselbe Winkelgröße habe wie die erste durch das zerstreuende Prisma hervorgebrachte, ist es nöthig, die Brechungsverhältnisse der anzuwendenden Gläser oder Flüssigkeiten experimentell und die brechenden Winkel durch Rechnung zu bestimmen. Es ist nicht unmöglich, daß durch eine geschickte Auswahl der brechenden Medien sich der Hauptzweck durch ein einziges achromatisches Prisma erreichen läßt, sonst wird man wohl mindestens zweier bedürfen.

Da das physikalische Cabinet der Universität keine achromatischen Prismen besaß, so verzichtete ich einstweilen auf die Anwendung des Principis der Refraction, machte dagegen den Versuch mit Hülfe eines rechtwinkligen Reflexionsprismas das Spectrum in die Einfallsrichtung zurückzuführen. Dieser Versuch gelang, wie nicht anders zu erwarten vollständig; auch mit einem gewöhnlichen Silber oder Stahlspiegel erreichte man seinen Zweck, dagegen keineswegs

befriedigend, aus leicht zu errathenden Gründen, mit einem belegten Glasspiegel.

Die beiden associirten jüngeren Mechaniker: Hr. Herrmann und Hr. Studer in Bern — ebenso sehr durch ihre Strebsamkeit als durch ihre bereits mehrfach bewiesene Genauigkeit und Geschicklichkeit in Construction mathematischer und physikalischer Instrumente, insbesondere auch der Spectroskope, vortheilhaft bekannt — haben die Güte gehabt, meine Idee sofort zu verwirklichen. Ihrem Eifer habe ich es zu verdanken, daß ich der naturforschenden Gesellschaft schon am 7. Februar ein *Hand- und Reise-spectroskop* vorweisen konnte, das bezugs Bequemlichkeit und Tragbarkeit nichts mehr zu wünschen übrig liefs und dessen Preis — 40 Fr. — seiner allgemeinen Verbreitung kein Hinderniß seyn kann.

In seiner äußern Form gleicht es einem kleinen Handperspective mit einem Auszuge.

Die inwendig geschwärzte messingene Röhre, in der das Zerstreuungs- und Reflexionsprisma — auf einer metallenen Tablette drehbar — sich befinden mißt 2,5 Cm. im Lichten und 12 Cm. in der Länge; der Auszug, der vorn die verschiebbare Spalte trägt, ist noch weitere 10 Cm. lang, so daß das Rohr auf 22 Cm. oder $17\frac{1}{2}$ Zoll ausgezogen und auf weniger als 5 Zoll zusammengestoßen werden kann. Fig. 11 und 12 Taf. II nach einer Photographie auf $\frac{1}{4}$ d. nat. Größe reducirt giebt eine perspectivische Ansicht des Instrumentes

Die Prismen können mit einem Uherschlüssel richtig eingestellt werden, es ragen somit an der cylindrischen Röhre keine Stellschrauben vor, was für die Hand und die Tasche sehr unbequem wäre. Am Prismenende ist die Röhre durch einen abnehmbaren Deckel, in den die kreisrunde Ocularöffnung eingeschnitten ist, geschlossen.

Der Hauptvortheil dieses Spectroskopes, das ich wohl nicht unpassend *Handspectroskop* genannt habe, besteht nun aber darin, daß mit demselben unmittelbar, wie mit einem Fernrohr, nach der Lichtquelle (Flamme, elektrischer Funke,

Gestirn) visirt werden kann und man auch sofort das Spectrum derselben in einer für den Zweck der gewöhnlichen opto-chemischen Analyse hinreichenden Detaillirtheit erblickt. Die gewöhnlich verzeichneten 12 Fraunhoferschen Linien sind selbst im trüben Tageslicht leicht erkennbar, mit Ausnahme der beiden H; nach der Sonnenscheibe gewendet treten aber auch diese nebst K sehr scharf heraus, und alsdann werden auch noch viele feinere im Grün und Blau beobachtet. Die äußersten Linien im Roth erscheinen namentlich sehr scharf bei Betrachtung der untergehenden Sonnenscheibe.

Betrachtet man gefärbte Flammen, so erkennt man, je nach der Intensität, auf 5 bis 10 Schritte Entfernung die von Bunsen und Kirchhoff abgebildeten Spectren der Metalle.

Um auch optische Absorptionsuntersuchungen farbiger Gläser, pflanzlicher oder thierischer Gewebe bequem anstellen zu können, liefs ich vor der Spalte zwei Messingklammern, ähnlich wie man sie an den Objectischen der Mikroskope sieht, anbringen. Für Flüssigkeiten ist ein besonderer Halter bestimmt, in den ein parallelepipedisches Glaskästchen gestellt wird, so dafs dieses mit seiner schmalen Seite die Spalte verdeckt. Der Halter aber wird vom Spectroskop selbst getragen.

Die HH. Herrmann und Studer besitzen ausgezeichnete Flintprismen, deren Zerstreuung derjenigen des Schwefelkohlenstoffs wenig nachgiebt.

Es ist nun begreiflich, dafs durch Vorsetzung eines zweiten Flintprisma's und eines zweiten Crownprisma's (zur Correction der Ablenkung) man ohne weitere Aenderung ein doppelt so ausgedehntes Spectrum erhalten wird; in der That ist die Zahl der sichtbaren Fraunhoferschen Linien alsdann bedeutend gröfser und die gewöhnlichen stehen erheblich weiter auseinander.

Eine solche Verbesserung führt aber dreierlei Nachtheile mit sich:

- 1) erhöht sich der Preis des Instrumentes mindestens um die Hälfte bis zwei Drittel,
 - 2) wird es um mindestens 4 Cm. länger
 - 3) um ein Erhebliches schwerer,
- und aus den beiden letzten Gründen weniger tragbar.

Wen diese drei Punkte nicht stören, der kann von den obengenannten Mechanikern auch Handspectroskope mit 4 Prismen beziehen.

Dafs das Handspectroskop einer Scale entbehrt, erachte ich als keinen Nachtheil für den geübten Spectralanalytiker; sie wäre ein purer Luxus, sobald nur ein Zerstreuungsprisma da ist, und übrigens hat man in der Superposition der Spectren schon lange ein Mittel, hinreichend genau, etwaige neue Linien resp. neue Elemente zu erkennen.

Es hat keine Schwierigkeit mit meinem Handspectroskop so entfernte Lichtpunkte, wie sie die Planeten Merkur, Venus, Jupiter und die hellsten der Fixsterne darstellen, anzuvisiren; dagegen habe ich mich überzeugen müssen, dafs die Lichtintensität zu gering ist, um dunkle Streifen wahrzunehmen, so sehr ich auch auf den Aspect des Merkur- und Venusspectrums gespannt war; selbst das Spectrum des Vollmondes liefs nur unklar einige der wesentlichsten Fraunhofer'schen Linien erkennen. Für solche Gestirnsbeobachtungen wird es nothwendig, den Spectralapparat am Ocularende eines Aequatorialinstrumentes anzubringen.

Von Interesse wird es auch noch seyn, mit einem solchen Handspectroskope die Erscheinung eines *Nordlichtes* in seiner intensivsten Ausbildung zu betrachten; es läfst sich alsdann die von mir ausgesprochene Ansicht verificiren: Das Nordlicht sey gewissermafsen ein vielfaches und gemischtes Spectrum der electricch erglühenden Gasarten der Atmosphäre und die intensive Purpurrothe möchte nichts Anderem als dem erglühenden Wasserstoffgase zu verdanken seyn. Vergleiche »Bund 1862, No. 352 — zur Nordlichterscheinung.«

Nachtrag. Radau machte uns im 3. Hefte 1863 dieser Annalen mit der Theorie eines Spectroskop *à vision direct* bekannt und ich hatte selbst Gelegenheit in letzter Zeit ein solches von Hoffmann in Paris gefertigtes Spectroskop zu sehen und zu prüfen. Es beruht auf dem Princip der partiellen Achromatisirung, d. h. durch die Cröwnprismen werden die Spectren der Flintprismen jedes verkürzt, aber nicht annullirt, hingegen wieder in die Richtung des einfallenden Strahles zurückgebracht. Es versteht sich von selbst, daß ich zur Zeit, wo ich auf den Einfall kam, ein Spectroskop mit directer Visirung zu construiren, von der Amici'schen Prismencombination noch nichts wußte.

X. Ueber die relative Stellung der unzerlegten Körper; von P. Kremers.

Die Zusammenstellung der bisher noch unzerlegten Körper in einem Körpernetze ist unstreitig diejenige, welche die so mannigfachen Beziehungen der einzelnen Atome ¹⁾ zu einander am deutlichsten darzustellen vermag.

Das Atom H kann z. B. der Ebene

Li	Na	K
Mg	Zn	Cd
Ca	Sr	Ba

nicht füglich angehören, denn wenn auch das relative Gewicht dieses Atoms derart ist, daß es in der Linie CaMgLi

1) Das Wort *Atom* bedeutet hier und im Folgenden nicht *unzerlegbar* sondern *unzerlegt*.

neben letzterem stehen könnte, so sprechen doch dagegen zahlreiche andere physikalische Eigenschaften und wird es genügen, von diesen hier nur die so abnorme Lage seines Schmelzpunktes zu erwähnen.

Aus denselben Gründen kann auch das Atom O einer Ebene

W _o	V _a	Mo
<hr/>		
T _e	Se	S

in welcher, der vorerwähnten Ebene entsprechend, die beiden Linien W_o V_a Mo und T_e Se S Parallelen bilden, nicht füglich angehören, wohl aber einer Linie O S Cr, welche auf dieser Ebene senkrecht steht und selbige in S schneidet.

Mehr noch als einzelne Atome sprechen ganze Atomgruppen dafür, daß nur ein Körpernetz eine vollständig genügende Zusammenstellung der Atome gestattet und kann in dieser Hinsicht die sogenannte Magnesiagruppe erwähnt werden, welche unstreitig einen Uebergang zwischen den beiden vorerwähnten Ebenen vermittelt.

Es folgt daher hiernächst ein Versuch, die Principien festzustellen, nach welchen die relative Lage der Punkte, Linien und Ebenen dieses Körpernetzes bestimmt wird.

Zwei Punkte gehören ein und derselben Linie an und liegen in dieser um so näher beisammen, je größer die Aehnlichkeit der Atome ist, welche sie repräsentiren. Sind zwei Punkte bekannt, welche nach allen bisherigen Erfahrungen in einer Linie nebeneinander liegen, so ist dadurch schon bestimmt, in welchem Sinne die Eigenschaften nach den beiden Richtungen der Linie hin sich ändern. Wird hierauf fußend noch ein dritter Punkt gefunden, welcher sich an erstere beide unmittelbar anreihet, so ist dadurch schon weiter bestimmt, in welchem Maasse die verschiedenen Eigenschaften der Linie sich ändern. Es zeigt sich nun schon,

dafs einzelne Eigenschaften von Punkt zu Punkt um eine annähernd gleiche, andere dagegen um eine mehr oder weniger verschiedene Gröfse sich ändern. Diejenige Eigenschaft, welche sich von Punkt zu Punkt am wenigsten ändert, eignet sich am besten dazu, einem jeden weiteren Punkte seine Stelle in der Linie anzuweisen. Dieser Bedingung entspricht unstreitig am vollkommensten das relative Gewicht der Atome.

In der nächstfolgenden Tabelle sind diejenigen Linien zusammengestellt, in welchen drei nebeneinanderliegende Punkte schon bekannt sind. Unter der chemischen Bezeichnung der einzelnen Punkte sind die entsprechenden Atomgewichte und darunter deren erste und zweite Differenzen angeführt.

Li 7	Na 23	K 39,1	Vv 92	Va 68,6	Mo 48
	16	16,1		-23,4	-20,6
	6,1			-2,8	
Mg 12	Zn 32,6	Cd 56	Te 64	Se 39,7	S 16
	20,6	26,4		-24,8	-23,7
	2,8			-0,6	
Ca 20	Sr 43,8	Ba 68,6	Sb 122	As 75,2	P 31
	23,8	24,8		-46,8	-44,2
	1			-2,6	
Hg 100	Pb 103,5	Ag 108	J 127	Br 80	Cl 35,5
	3,5	4,5		-47	-44,5
	1			-2,5	

An die vorstehenden Linien lässt sich, wenn auch einstweilen blofs mit einiger Wahrscheinlichkeit, auch noch die Linie

Ta 68,8	Nb 48,8	Ti 25
	-20	-23,8
	3,8	

anreihen. ¹⁾

1) Wenn $\lambda = \frac{T_a + T_i}{2}$ und $m = Nb$ ist, so ist die Modification des

Ob nun die vorstehenden zweiten Differenzen constant oder variabel sind, darüber kann ein vierter Punkt der Linien um so mehr entscheiden, je näher derselbe bei den drei bereits bekannten liegt.

Ein Atom, welches allem Anscheine nach einen Punkt in der Linie Sb As P bilden kann, ist das Atom Bi. Die relativen Gewichte dieser vier Atome sind schon öfter bestimmt und wird daher deren Genauigkeit für den vorliegenden Zweck wohl genügen. Wenn in der Linie Sb As P die zweite Differenz constant bliebe, so müßten die Gewichte der beiden an Sb sich unmittelbar anreihenden Atome 223,4 und 171,4 seyn. Das Atomgewicht Bi ist nach den neuesten Bestimmungen 210, also von der nächstliegenden Zahl 223,4 wesentlich verschieden.

Zwei andere Atome, welche allem Anscheine nach Punkte in der Linie Li Na K bilden können, sind die Atome Rb und Cs. Wenn in der Linie Li Na K die zweite Differenz constant bliebe, so würden die den relativen Gewichten dieser beiden Atome (85,4 und 133) zunächst liegenden Zahlen 88 und 137,8 seyn. Diese Zahlen sind indeß auch hier wieder, wie in dem vorangehenden Falle, entschieden größer als die Atomgewichte.

Die zweiten Differenzen sind also in beiden Linien nicht constant, sondern vielmehr derart variabel, daß im weitem Verlauf der beiden Linien die den einzelnen Punkten entsprechenden Atomgewichte ein Maximum erreichen und darüber hinaus wieder abnehmen können. Ein solches Maximum ist übrigens auch nothwendig, da die einzelnen Punkte einer Linie, von dem Anfangspunkte mehr und mehr sich entfernend, diesem schließlic nicht mehr chemisch ähnlich, sondern vielmehr entschieden entgegengesetzt erscheinen und es doch unstreitig gerade die leichtesten Atome sind, bei welchen die entschiedensten chemischen Gegensätze beobachtet werden.

mittleren Atomgewichts $\frac{\lambda - m}{\lambda} = -0,041$. Diese Modification unterscheidet sich von der Modification $Zn = +0,041$ (Bd. 100 S. 269) bloß durch das Vorzeichen.

Die einzelnen Linien haben also gleichsam entgegengesetzte Pole.

Obgleich bisher noch keine Linie von Pol zu Pol verfolgt wurde, so scheint doch wenigstens die Linie

Bi, Sb As P,
welche schon mit dem fünften Punkte das höchste der bisher bekannten Atomgewichte erreicht, keine bedeutende Ausdehnung zu besitzen. Während in dieser Linie schon beim fünften Punkte die Gränze der beiden Pole wahrnehmbar wird, ist dagegen in der Linie

Li Na K .. Rb .. Cs
noch der neunte Punkt entschieden positiv.

Die einzelnen Linien haben demnach von Pol zu Pol eine verschiedene Länge.

Von den bisher behandelten Linien, in Folge Linien erster Richtung genannt, lassen sich einzelne in einer Ebene derart nebeneinander legen, daß die dadurch gebildeten und auf den Linien erster Richtung senkrecht stehenden Linien, in Folge Linien zweiter Richtung genannt, ebenfalls den vorentwickelten Bedingungen entsprechen.

Eine in dieser Weise gebildete, bisher noch am vollständigsten bekannte Ebene ist die folgende:

Li	Na	K			Rb		Cs ¹⁾
Mg	Zn	Cd					
Ca	Sr	Ba					

1) Wenn $\lambda = \frac{Li + K}{2}$ und $m = Na$ ist, so ist die Modification des mittleren Atomgewichts $\frac{\lambda - m}{\lambda} = +0,002$.

Wenn $\lambda = \frac{K + Cs}{2}$ und $m = Rb$ ist, so ist die Modification des mittleren Atomgewichts $\frac{\lambda - m}{\lambda} = +0,008$.

Dem größeren Abstände der Atome entspricht hier auch die größere Modification (Bd 96, S. 53 Tabelle IV).

Es ist nicht zu verkennen, daß in dieser Ebene der Wechsel der Eigenschaften von Punkt zu Punkt in den Linien erster Richtung weit geringer ist, als in denen zweiter Richtung. Dieser Wechsel der Eigenschaften kann daher in einzelnen Linien zweiter Richtung merklich verschieden seyn. In der Linie Li Mg Ca ist derselbe z. B. weit geringer als in der Linie Na Zn Sr. Solche Linien zweiter Richtung, in welchen der Wechsel der Eigenschaften möglichst gering ist, eignen sich am besten dazu, nicht bloß nebeneinanderliegende Linien erster Richtung aufzufinden, sondern selbige auch zu fixiren.

Eine weitere Ebene, in ähnlicher Weise gebildet wie die vorangehende, ist die folgende:

W	V	M
o	a	o
<hr/>		
T	S	S
e	e	e

Auch hier sind wieder die Linien erster Richtung von denen zweiter Richtung wesentlich verschieden.

Bisher sind noch keine Ebenen oder Linien bekannt, welche auf eine der beiden vorstehenden Ebenen derart gelegt werden können, daß die dadurch gebildeten und auf diesen Ebenen senkrecht stehenden Linien, in Folge Linien dritter Richtung genannt, ebenfalls den vorentwickelten Bedingungen entsprechen, wohl aber bereits einzelne Punkte. Solche Punkte bilden für die erstere der vorstehenden Ebenen das Atom H und für die letztere die Atome O und Cr.

Welche Stelle solche Punkte zu den Ebenen einnehmen, ist nur annähernd anzugeben, so lange dieselben noch vereinzelt sind. Wenn angenommen wird, daß die Atome H und Li eine Linie dritter Richtung bilden, so läßt sich der Werth dieser Annahme um so mehr beurtheilen, je mehr entweder die Linie dritter Richtung oder die Ebene, welcher der Punkt H angehört, erweitert werden. Wahrschein-

licher als die vorangehende ist daher schon die folgende Annahme, daß nämlich die drei Atome O S Cr eine Linie dritter Richtung bilden. In dieser Linie dritter Richtung ist, dem Vorhergehenden vollkommen entsprechend, der Wechsel der Eigenschaften bedeutender noch als in den Linien zweiter Richtung.

Neben den beiden vorstehenden können hier noch zwei weitere Ebenen

Bi	Sb	As	P	J	Br	Cl
und						
			N			Fl

angeführt werden, in welchen die beiden Linien Bi. Sb As P und J Br Cl aller Wahrscheinlichkeit nach Linien erster Richtung sind, wohingegen es indeß vorerst noch unentschieden bleibt, ob die beiden Linien P N und Cl Fl Linien zweiter oder dritter Richtung sind.

Es wird nun zunächst nothwendig seyn, die an den beiden Polen des Körpernetzes aufgefundenen Linien erster, zweiter und dritter Richtung näher kennen und sicher unterscheiden zu lernen, um, auf die hierbei gewonnenen Erfahrungen gestützt, von diesen beiden Polen aus gegen die indifferente und deshalb nicht so leicht zu ordnende Mitte des Körpernetzes vorzudringen.

XI. Ueber den Cölestin in der thüringer Trias; **von E. E. Schmid.**

Cölestin ist in drei verschiedenen Horizonten der thüringischen Trias gefunden worden: im untersten Gliede des untersten Muschelkalkes, den Myophorien- oder Cölestin-Schichten, im obersten Glied desselben, dem Schaumkalk, und in der Lettenkohलगruppe.

1. Cölestin der Cölestin-Schichten; — Faserung — Trichrofemus.

Das Vorkommen des Cölestins in den untersten Schichten des unteren Muschelkalkes ist am längsten bekannt, am verbreitetsten und reichlichsten. Seine Auffindung bei Dornburg und seine Erkennung durch Lenz fallen noch in die erste Hälfte des zweiten Decenniums dieses Jahrhunderts; seine genaue Analyse durch Stromeyer wurde der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen schon am 18. November 1816 vorgelegt. Bald nach ihrer Auffindung wurde die bei Dornburg nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll starke Cölestinschicht nicht nur für wissenschaftliche, sondern auch für technische Zwecke durch eine rohe Brucharbeit ausgebeutet, und zwar mit solchem Erfolg, daß man sich veranlaßt fand, auch an andern benachbarten Stellen, wo die untersten Muschelkalkschichten entblößt waren, nach Cölestin zu suchen. Man suchte fast an keiner dieser Stellen vergeblich, sondern fand Cölestin an so vielen, — außer Dornburg namentlich bei Zwetzen, Wogau, am Fusse der Kernberge und Gleifsberge, — daß man ihn als einen gewöhnlichen Begleiter der auch an ihrer ebenen Schieferung und an ihren organischen Einschlüssen erkennbaren untersten Schichten des unteren Muschelkalkes ansehen, und dieselben in ihrer localen Entwicklung bei Jena füglich als »Cölestinschichten« bezeichnen kann. Auch bei Zwetzen und Wogau wurde Cölestin ausgebeutet, und zwar am längsten bei Wogau, wo fünf bis sechs Schichten davon knapp über-

einander anftreten. Die Ausbeutung dauerte fort bis der Preis des Centners, anfangs über 2 Thaler, unter 1 Thaler sank; dieß geschah, wahrscheinlich in Folge der Einführung des westphälischen Strontianits in den Handel, im Jahre 1848. Jetzt sind alle Cölestingruben so verfallen, daß es schwer hält, ihn auch nur aufzufinden; er bröckelt bald bis zu solcher Tiefe zwischen den Kalkschiefern aus, daß er von ihnen und ihren Verwitterungsprodukten verdeckt wird.

Die Schichten des Cölestins sind den Schichten des Muschelkalks nicht durchaus gleichförmig eingelagert; sie verschwinden nicht nur zwischen den letzten, indem sie sich auskeilen oder zertrümmern, sondern durchsetzen sie auch, und gelangen so von der untern Fläche einer Kalkschicht zu deren oberer. Außer den Zwischenschichten finden sich auch rundliche Massen und krystallinische Krusten von Cölestin.

Die krystallinischen Krusten kleiden erweiterte Absonderungs- und Spaltungsklüfte aus; die ausgebreitesten und schönsten hat Zwetzen geliefert. Die einzelnen Krystalle erreichten jedoch auch hier nur eine Länge von 6", eine Dicke von 3"; sie zeigen die Flächen P , $\check{P}3$, $\check{P}\infty$, $\bar{P}\infty$, $\infty P2$, $\infty \bar{P}\infty$; ihr Habitus ist theils kurz-säulenförmig durch Vorwaltung von $\check{P}\infty$ und $\infty \bar{P}\infty$, theils spitz-pyramidal bis nadelförmig durch $\check{P}3$.

Die rundlichen Massen sind dicht von Muschelkalk umschlossen.

Die Schichten sind faserig. Die Fasern bald gröber, bald feiner, gewöhnlich etwas wollig, sind stets nahe rechtwinklig gegen die Schichtungsfläche gerichtet; sie sondern sich sehr ungleich deutlich, mitunter sind sie durch Kalk oder Mergel von einander getrennt, meistens haften sie nur lose aneinander, mitunter jedoch so fest, daß sie fast nur als feine Streifen auf dem geraden Querbruch erkennbar sind.

An allen Varietäten ist die gewöhnliche Spaltbarkeit des Cölestins nach $\infty \check{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ sehr deutlich; ihre Härte

ist etwas über 3, ihre Dichte 3,92. Sie sind sehr selten farblos oder weiß; gewöhnlich blau, und zwar blafs-blau bis himmel-, berliner- und sogar indig-blau; sie sind glasglänzend bis matt, durchsichtig bis durchscheinend; die indig-blauen Stücke erscheinen im durchfallenden Lichte grünlich.

Diese sind kürzlich die Merkmale, welche ich¹⁾ bei einer früheren Beschreibung des Jenaischen Cölestins erläuterte. Ich habe zu dieser Beschreibung noch wesentliche Ergänzungen und Berichtigungen hinzuzufügen.

Ich machte bereits damals auf den — wie mir scheint — allgemeiner bedeutsamen Umstand aufmerksam, daß die kystallographische Beziehung der Fasern des geschichteten Cölestins zweifelhaft sey; jetzt zweifle ich nicht mehr daran, daß eine solche Beziehung gar nicht besteht. Während nämlich die Richtung der Fasern immer nahe rechtwinklig bleibt gegen die Schichtung, nicht sowohl des Cölestins selbst, als vielmehr des ihn umgebenden Muschelkalks, ist die Haupt-Spaltungsfläche ebensowenig stets unter 52° gegen die Ebene der Schichtung geneigt, wie ich mit Berufung auf einige an sich ganz richtige Beobachtungen als allgemein gültig angenommen hatte, als parallel zu dieser Ebene, welchen Fall Quenstedt²⁾ hervorhebt, sondern sie befindet sich in allen möglichen Lagen gegen die Faserung und Schichtung. Dieselbe ist stets glatt und glänzend, mitunter winklig, geknickt oder gebogen; sie behält ihre Richtung unverändert nur innerhalb meist schmäler, oft keilförmiger Stücke, die nach der Richtung der Fasern stets durch die Dicke der ganzen Schicht hindurch gegeneinander begränzt sind. Diese Stücke haben oft sehr verschiedene Größe, sie sind gewöhnlich ganz regellos in einander verzinkt, mitunter fächerförmig gruppiert; Fächer von der Ausdehnung einer Handfläche wurden jedoch nur bei Wogau gefunden, sie zeichneten sich durch Feinheit und

1) Schmid und Schleiden die geognostischen Verhältnisse des Saalthales bei Jena S. 18.

2) S. dessen Handbuch der Mineralogie (Tübingen 1855) S. 374.

Geschlossenheit der Fasern aus und durch Ebenheit der Ober- und Unterfläche.

Dagegen habe ich ausnahmslos — wenigstens an Vorkommen von Wogau, welches mir für diese Untersuchungen reichlich zu Gebote stand, — eine Beziehung gefunden zwischen der Farbe des Cölestins und der Neigung seiner Faserung und Hauptspaltung gegen einander. Je mehr sich diese Neigung dem rechten Winkel annähert, desto dunkler ist die Farbe, je geringer sie wird, desto lichter; ist dieselbe nicht unter 70° , so zeigt sich die Farbe dunkelblau, sie bleibt himmelblau bis 40° und verblaszt erst unter 20° . Diese Beziehung ist eigenthümlich und hat mit Pleochroismus nichts gemein, denn die dunklen Farben erscheinen bei jeder Richtung des einfallenden Lichtes gegen die Fasern und die Färbung überhaupt rührt von einem beigemengten, bituminösen Stoff her. Es ist ja längst bekannt, daß die blaue Farbe des Cölestins am Sonnenlichte bleicht und daß sie durch Glühhitze rasch und vollständig zerstört wird. Beurtheilt man den Betrag des bituminösen Farbstoffs nach dem Glühverlust trockener Stücke, so steht er im geraden Verhältniß zur Sättigung der Farbe. Diefes bewähren die folgenden Beispiele:

	Neigung der Faserung gegen die Spaltung.	Glühverlust.
Farbe		
dunkelblau	86°	0,47 Proc.
himmelblau	67	0,42 "
blafsblau	46	0,30 "

Die eben besprochene eigenthümliche Beziehung veranlaßte mich, den Cölestin mittels der Haidinger'schen Lupe auf Pleochroismus zu untersuchen. Das Verhalten der dunkelblauen Stücke ist folgendes. Läßt man das Licht in der Richtung der Makrodiagonale durch sie hindurch gehen, bringt die Hauptaxe in eine parallele Lage zum Hauptschnitt des Doppelspaths, die Brachydiagonale in eine rechtwinklge dazu, so erscheint das außerordentliche Bild grünlich-blau, das ordentliche sehr blafs-röthlich-blau; dreht man sie so vor der Oeffnung der Lupe, daß die Hauptaxe

wie vorhin im Hauptschnitt liegt, aber die Makrodiagonale rechtwinklig dagegen, so bleibt das außerordentliche Bild grünlich-blau, das ordentliche erscheint berlinerblau; bringt man endlich das Cölestinstück in die Lage, bei welcher die Makrodiagonale parallel, die Brachydiagonale rechtwinklig zum Hauptschnitt ist, so erhält man ein berliner-blaues außerordentliches Bild und ein sehr blafs-röthlich-blaues ordentliches. Unter diesen Farben ist das Berlinerblau am dunkelsten, das Grünlich-blau gesättigt, tiefer als es beispielsweise am Aquamarin vorkommt, das Blafs-röthlich-blau so lichte, dafs es namentlich neben dem Grünlich-blau fast verschwindet. Der himmelblaue Cölestin läfst dieselben drei Axenfarben noch recht deutlich von einander unterscheiden und auch der blassest-blaue erkennen. In der That gehört der dunkelblaue Cölestin von Jena zu den recht ausgezeichnet trichroitischen Krystallen, und eignet sich vorzüglich zur Demonstration des Trichroismus.

Eine genaue Analyse des Cölestins von Dornburg hat bereits Stromeyer¹⁾ gegeben; danach enthält derselbe kein anderes schwefelsaures Salz neben dem der Strontianerde, und eine Spur Kalkerde ist als kohlen saure beige mengt; nun mag zwar das in Untersuchung genommene Stück durch anhängenden Mergel etwas verunreinigt gewesen seyn, die Resultate der Untersuchung schliessen jedoch die Annahme nicht aus, dafs etwas Kalkerde für die Strontianerde als Vicar in der schwefelsauren Verbindung enthalten gewesen sey. Nach dieser letzten Annahme ist die von Maddrell²⁾ im Laboratorium Rammelsberg's ausgeführte Analyse berechnet. Beide Analysen stimmen dahin überein, dafs Baryterde ganz fehle. Eine Wiederholung der Analyse dürfte überflüssig seyn.

2. Cölestin des Schaumkalks.

Wo der Iserstedter und Ziskauer Grund zusammensto-

1) S. dessen Untersuchungen über die Mischung der Mineralkörper Bd. I S. 210.

2) Rammelsberg, Handbuch der Mineralchemie, 2. Aufl., S. 260.

Poggendorff's Annal. Bd. CXX.

fen, am oberen Ende des Mühlthales, vor dessen unterem Ende Jena liegt, ist das oberste Glied des unteren Muschelkalks, der Schaumkalk, mächtig entwickelt und durch einen Steinbruch weit aufgeschlossen. Einen der Hohlräume, wie sie, resorbirten Muschelschalen entsprechend, im Schaumkalk häufig sind, fand ich in ungewöhnlicher Weise mit Krystallen ausgekleidet. Diese Krystalle waren nämlich nicht rhomboëdrisch, sondern rhombisch; sie bestanden auch nicht aus kohlensaurer Kalkerde, sondern aus schwefelsaurer Strontianerde, sie entsprachen also nicht dem Kalkspath, sondern dem Cölestin.

Die Krystalle zeigten ein breites Flächenpaar, zwei schmale Prismen, deren Axen dem Flächenpaar parallel gegen einander rechtwinklig waren, und ein sehr wenig ausgedehntes Prisma von nahe 104° und 76° , dessen Axe zum breiten Flächenpaar rechtwinklig war. Bereits der Habitus erinnert an Cölestin, an dessen Flächen $\propto P\infty$, $\propto \bar{P}2$, $\bar{P}\infty$ und $P\infty$. Noch bestimmter weist die Spaltbarkeit parallel der zuerst und der zuletzt erwähnten Fläche — nach $\propto \bar{P}\infty$ und $\bar{P}\infty$ — auf Cölestin hin.

Die Krystalle haben die Härte 3.

Sie lösen sich in Salpeter- und Salzsäure sehr schwer auf, schmelzen vor dem Löthrohr ziemlich leicht zu einem weissen Email und färben die Flamme carminroth. Sie bestehen aus schwefelsaurer Strontianerde. Neben der Strontianerde tritt Kalkerde in bemerklicher Menge nicht auf; wenigstens giebt das aus dem Sulphat erhaltene Chlorid bei der Spectralanalyse nur die Strontiumlinien, ohne jede Spur der Calciumlinien, welche, wenn der Kalkerdegehalt des Cölestins auch nur 1 Proc. beträgt, sehr deutlich aufleuchten. Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat ist nicht beigemischt.

Weitere Versuche konnten bei der Geringfügigkeit des Materials nicht angestellt werden. Trotz fleissigen und genauen Nachsuchens habe ich solches weder an der bezeichneten Stelle, noch an andern Stellen im Schaumkalke wiedergefunden.

3. Cölestin der Lettenkohle.

Der Salzschant auf dem Johannissfelde bei Erfurt erreicht in 502' Tiefe einen 189' mächtigen Wechsel von Sandstein- und Lettenschichten, in welchen die organischen Ueberreste der Lettenkohlengruppe vorkommen, namentlich Zähne von *Acrodus* und *Sphaerodus*, Schuppen von *Gyrolepis*, Schalen von *Lingula tenuissima*, *Myophoria transversa*, *Posidonomya minuta*, Bruchstücke von *Equisetum*- und *Calamites*-Stengeln u. A. Knapp an der unteren Gränze sind auch zwei dolomitische Schichten, die obere 1', die untere $\frac{1}{2}$ ' stark eingeschaltet, wie sie auch an andern Stellen der thüringischen Lettenkohle vorkommen, z. B. bei Apolda und Mattstädt, wo man sie zur Bereitung von Cement benützt. Beide dolomitische Schichten haben dasselbe Aussehen; sie sind grau, grobkörnig und etwas cavernös, sie enthalten kohlen saure Kalk- und Talkerde zu beinahe gleichen Aequivalenten, und daneben Eisenoxydul genug, um sie als Braunkalke zu bezeichnen; ihr Thongehalt beträgt über 10 Proc. Die Cavernen waren nach den Mittheilungen des Hrn. Bergmeister Busse zum Theil von Soole erfüllt; Spuren dieser Füllung zeigten sich noch beim Zerschlagen von Stücken, welche wochenlang auf der Halde gelegen hatten; wurden aufgeschlagene Cavernen mit Wasser ausgespült, so liefs sich im Spülwasser oft noch ein Chlorwasserstoffgehalt nachweisen. Die Wände der Cavernen sind mit kleinen, weissen, seidenglänzenden Rhomboëdern von Braunspath ausgekleidet; zwischen und über diesen haben sich gröfsere rothe, rhombische Krystalle ausgebildet, die sich nach den folgenden Untersuchungen als Cölestin ausweisen.

Nachdem ich diese Krystalle in der Sammlung des Bergmeisters Busse gesehen hatte, fand ich auf der Halde noch einen genügenden Vorrath davon. Ein Querschlag vom nördlichen zum südlichen Schacht war nämlich gerade durch den Horizont dieser Braunkalke hindurchgeführt worden.

Die Krystalle des oberen Braunkalks sind meistens kleiner als die des unteren. Die ersten erreichen 11" Länge, $6\frac{1}{4}$ " Breite und $2\frac{1}{2}$ " Dicke, die zweiten haben in ungefährem Mittel $4\frac{1}{2}$ " Länge, 2" Breite und $1\frac{1}{2}$ " Dicke. Sie sind tafel- oder säulenförmig. Alle zeigen ein langes und ein kurzes Prisma, deren Axen sich rechtwinklig kreuzen, und ein Flächenpaar, welches zugleich je eine Kante der beiden Prismen abstumpft, viele noch ein zweites Flächenpaar, als Abstumpfung der andern Kante des kurzen Prismas, und ein drittes Prisma, welches zwischen das erste Flächenpaar und das kurze Prisma eingeschaltet ist, jedoch mit äußerst schmalen Flächen. Die Kantenwinkel sind wegen starker Streifung fast nur mit dem Anlegegoniometer meßbar. Die Kante des langen Prismas ist nahe 104° wie bei $\check{P}\infty$ des Cölestins. Geht man von ihm aus, so sind die erwähnten Gestalten der Reihe nach $\check{P}\infty$, $\infty\check{P}m$, $\infty\check{P}\infty$, $\infty\check{P}\infty$ und $\infty\check{P}m'$. Das kurze Prisma $\infty\check{P}m$ mißt sehr nahe 76° ; ein solches findet sich unter den bekannten Cölestingestalten allerdings nicht, es steht aber dem $\infty\check{P}2$, dessen Kante zu $78^\circ 49'$ angegeben wird, sehr nahe; auf das für den Cölestin angenommene Axenverhältniß bezogen, würde der Ausdruck dafür seyn $\infty\check{P}2,065$, welchen man mit Rücksicht auf etwaige Vicare für die Strontianerde, die eine Modification des Axenverhältnisses bedingen, füglich zu $\infty\check{P}2$ abrunden darf. Das Prisma $\infty\check{P}m'$ erscheint so untergeordnet, daß ich von seiner präzisen Bestimmung absehen muß. Die Krystalle sind, übereinstimmend mit dem Cölestintypus, in der Richtung der kurzen Nebenaxe langgestreckt. Auch ihre Spaltbarkeit stimmt mit der des Cölestins; sie erfolgt sehr vollkommen nach $\infty\check{P}\infty$, minder vollkommen nach $\check{P}\infty$, welches Prisma Kanten von nahe 104° hat.

Die Krystalle haben die Härte 3; ihre Dichte ist 3,92 bis 3,94. Sie sind selten farblos, gewöhnlich roth, und zwar fleischroth bis hell ziegelroth; doch ist die rothe Färbung

nie ganz gleichförmig, und unter dem Mikroskop zeigt sich die farblose Grundmasse von rothen Wolken durchzogen. Sie haben mäßigen Glasglanz und Durchsichtigkeit in mittleren Graden.

Vor dem Löthrohr schmelzen die Krystalle leicht und unter schwachem Aufblähen zu einem weissen Email und färben die Flamme carminroth. Auch als feinstes Pulver lösen sie sich in vieler Salpetersäure sehr langsam auf, und zwar erfolgt die Auflösung, nachdem ein geringer Eisenoxydgehalt durch den ersten Säureaufguß entfernt ist, gleichmäßig. Das zuerst und das zuletzt Aufgelöste lassen neben Strontianerde nur Kalkerde in nicht bemerkbar verschiedenem Verhältniß erkennen; nach einem ersten, fast aufblitzenden Erscheinen der Calciumlinien im Spectralapparate tritt sehr bald das Strontiumspectrum für sich allein hervor. Trotzdem fehlt jedoch auch Baryterde neben Strontianerde und Kalkerde nicht; führt man das Sulphat in Chlorid über, behandelt das letzte wiederholt mit absolutem Alkohol, so bleibt ein Rückstand ungelöst, der das Baryumspectrum rein giebt.

Beim Glühen giebt das Pulver der Krystalle etwas Wasser ab, welches jedoch, nach dem Glühverlust beurtheilt, nicht über 0,6 Proc. beträgt. Dasselbe ist bei den folgenden Analysen, denen geglühtes Pulver zu Grunde gelegt wurde, unberücksichtigt geblieben. Nach den üblichen Methoden wurde erhalten aus 3,818 Gr. des geglühten Pulvers 4,860 Gr. schwefelsaure Baryterde, aus 2,0657 Gr. desselben 0,0464 Gr. kohlensaure Kalkerde und 0,0057 Gr. Eisenoxyd, endlich aus 1,7523 Gr. desselben 0,0163 Gr. Kieselfluorbaryum. Berechnet man daraus den procentischen Gehalt an Schwefelsäure, Kalkerde, Baryterde und Eisenoxyd, und, nachdem die zur Sättigung der Kalkerde und Baryterde erforderliche Schwefelsäure abgezogen ist, aus dem bleibenden Reste dieser letzten die Strontianerde, so erhält man als: *Zusammensetzung des Cölestins aus der Lettenkohle im Salzschacht bei Erfurt:*

Strontianerde	43,68 Proc.
Kalkerde	1,26 "
Baryterde	0,51 "
Schwefelsäure	53,39 "
Eisenoxyd	0,28 "
	<hr/> 99,12 Proc.

Die Untersuchung ergibt einen Verlust von 0,88 Proc.; er ist an sich nicht groß und überdies leicht erklärlich. Bei Behandlung des Gemisches der salpetersauren Erden mit vielem absoluten Alkohol ist nämlich die Auflösung von etwas Strontianerde unvermeidlich; ein beträchtlicher Theil davon krystallisirte aus, nachdem der Alkohol bis auf einen kleinen Rest verdampft war; aber wenn auch in den Krystallen eine Spur von Kalkerde nachweisbar war, so enthielt das in der Auflösung Verbliebene einen noch auffälligeren Gehalt an Strontianerde, und liefs die rechnungsmässig bestimmte Menge dieser letzten nothwendigerweise zu gering ausfallen. Das Eisenoxyd ist, wahrscheinlich als Brauneisenstein, nur mechanisch beigemengt.

XII. Resultate der Untersuchungen über die Niveauveränderungen des Wasserspiegels der Ostsee; von Dr. Arthur Ferdinand Baron v. Saks¹⁾

In der Ostsee übersteigt das Meer häufig die ihm von der Natur ursprünglich angewiesenen Gränzen, und treibt seine Wogen bald ins Land hinein, bald tritt es auffallend zurück, und entblöset gröfsere oder kleinere Strecken des Meeresbodens. Zur Erklärung dieses Phänomens wurden von mir in den Jahren 1859, 1860 und 1861 am nördlichen Gestade des Riga'schen Meerbusens, der Südküste der

1) Auszug aus dem *Bull. de l'Acad. des sciences de St. Petersbourg* T. V. p. 257 bis 296.

Insel Oesell, dem zum Rittergute Sandel gehörigen Strande bei dem Fischerplatze Kukke saar in $22^{\circ} 51'$ östlicher Länge von Greenwich und $58^{\circ} 7' 30''$ nördl. Br. täglich Vormittags 11^h und Nachmittags 5^h Messungen über die Höhe des Wasserstandes angestellt. Indem nun die gewonnenen Beobachtungen zu einer Untersuchung der Natur dieser Naturerscheinung, und ihrem Zusammenhange mit andern Naturvorgängen benutzt wurden, ergaben sich folgende Resultate; nachdem aus den 189 angestellten Messungen der Mittelwerth als arithmetisches Mittel festgestellt worden war:

1) Bei der Berechnung der Resultate zeigte sich, daß beim Steigen des Wassers die Differenz mit dem Mittelwerth größer ist als beim Fallen. Als mittlere Differenz zwischen dem Normalwasserstande (Mittelwerth) und allen 189 Beobachtungen ergibt sich $-0,47''$).

2) Die mittlere Höhe des Wasserstandes in einer gewissen Zeit übt keinen Einfluß auf die Intensität seiner Schwankungen aus.

3) Im jährlichen Eintreten des Normalwasserstandes herrscht keine Regelmäßigkeit.

4) Der Normalwasserstand wurde verhältnißmäßig am häufigsten im August, am seltensten im Juli beobachtet.

5) Der Normalwasserstand tritt häufiger am Nachmittage als am Vormittage ein.

6) Im August ist das Hochwasser überwiegend, im September nähert es sich der Hälfte aller Beobachtungen, im Juli ist es sehr selten.

7) Im Juli herrscht Niedrigwasser vor.

8) Am Nachmittage sind Hoch- und Niedrigwasserbeobachtungen gleich häufig angestellt worden.

9) Verhältnißmäßig ist das Normalwasser am seltensten das Niedrigwasser am häufigsten beobachtet worden.

10) Das Maximum des Hochwassers übersteigt den

1) Der Wasserstand über dem Normalwasserstand wird mit $+$, der unter demselben mit $-$ und der Normalwasserstand selbst mit \pm bezeichnet.

Normalwasserstand um mehr als das Doppelte davon, wie das Niedrigwasser beim Minimum darunter fällt.

11) Die größte Differenz zwischen Maximum und Minimum des Wasserstandes beträgt 2' 10" engl.

12) Die bedeutendste mittlere Höhe über dem Normalwasserstande tritt bei NW. ein, die bedeutendste Tiefe des Wassers bei SO.

13) Die bedeutendsten Schwankungen zwischen dem Vor- und Nachmittagstande finden bei NO statt, während bei W und S die Schwankungen sich beinahe auf 0 reduciren.

14) Bei anhaltendem NW und W tritt stets ein Fallen des Wassers ein.

15) Bei anhaltendem SW und SO herrscht das Fallen vor.

16) Bei anhaltendem S herrscht das Steigen vor.

17) Bei anhaltendem O beobachteten wir ebenso oft ein Fallen, wie ein Gleichbleiben des Wassers.

18) Bei anhaltendem NO erfolgt stets ein Steigen.

19) Ein entschiedenes Fallen tritt ein, wenn:

a) NW auf SW folgt

b) S " W "

c) SO " S "

d) NO " S "

Ein entschiedenes Steigen tritt ein, wenn:

a) SW auf S folgt.

b) SW " SO "

c) S " SO "

d) SO " O "

20) Während und nach einem Regen steigt das Wasser.

21) Vor einem Regen fällt das Wasser.

22) Bei Gewittern erfolgt ein Steigen des Wassers, was seine Erklärung darin findet, daß die Gewitter gewöhnlich von heftigen Winden begleitet werden, welche das Wasser aufhürnen.

23) Das Schwanken im Niveau der Ostsee ist die

Folge mehrerer vorhergegangenen meteorologischen Erscheinungen.

24) Die Veränderungen des Wasserstandes sind nicht unmittelbare Folgen gewisser meteorologischer Erscheinungen, sondern sind gewöhnlich von einer ganzen Reihe früherer Erscheinungen bedingt.

25) Das Steigen des Wassers breitet sich bald über weite Strecken aus, bald ist es nur ein auf einen kleinen Raum des Meeres sich beschränkendes, je nach der Ausdehnung des Windes.

26) Die Richtung und Stärke des Windes sind die vorzüglichsten Urheber der Meeresschwankungen.

27) Das Steigen des Wassers erfolgt, wenn der Wind aus Gegenden weht, wo er über grössere Wasserflächen kommt. Weht der Wind von der Landseite so erfolgt Fallen'), also bei Seewind Steigen und bei Landwind Fallen.

28) Die Extreme des Steigens des Wassers werden durch aussergewöhnlich vermehrte Stärke der Winde bewirkt, welche von der Seeseite wehen.

29) Die Extreme im Fallen des Wassers werden dadurch hervorgerufen, daß anhaltende Winde von der Landseite wehen.

30) Zwischen Wasserhöhe und Barometerstand') ließe sich kein Zusammenhang nachweisen.

1) Der Begriff See- und Landwind bezieht sich hier stets auf die ganze Ostsee und nicht nur auf den Beobachtungsort.

2) Meine Barometerbeobachtungen wurden an einem Aneroid-Barometer angestellt.

XIII. Ueber den magnetischen Rückstand im Eisen; von Prof. Dr. A. von Waltenhofen in Innsbruck.

(Vorläufige Anzeige von neuen Beobachtungen über diesen Gegenstand.)

Es ist mir oft aufgefallen, daß die magnetischen Rückstände in weichen Eisenkernen bei wiederholter ganz gleicher temporärer Magnetisirung desselben Stabes, sehr ungleich ausfallen. Noch befremdender aber war mir eine Erscheinung, die ich an einem sehr dicken Eisencylinder zuerst wahrgenommen habe, und welche darin bestand, daß der nach Aufhebung des magnetisirenden Stromes zurückgebliebene Magnetismus im Vergleiche mit dem verschwundenen temporären Magnetismus manchmal sogar die entgegengesetzte Polarität hatte. Bei den Versuchen diesen Vorgang, welchen ich der Kürze wegen die *anomale Magnetisirung* nennen will, zu wiederholen, überzeugte ich mich bald von den Bedingungen desselben, indem mir dabei eine muthmaßliche Erklärung behülflich war, die mir bei näherer Erwägung der Sache vorschwebte, und die ich nun zunächst auseinandersetzen will.

Es schien mir nicht zulässig, die besagte Erscheinung etwa als eine secundäre Wirkung inducirter Ströme anzusehen, weil die Oeffnungsströme mit den primären Strömen gleichgerichtet sind, und daher im Gegentheile nur zur Vergrößerung des remanenten Magnetismus beitragen können¹⁾. Vielmehr schien mir die Hypothese drehbarer *Molecularmagnete* ganz unmittelbar eine ebenso einfache als befriedigende Erklärung zu gestatten, wenn man nämlich die Annahme festhält, daß bei der Bewegung der magnetischen Molecüle, neben der Tendenz, in die ursprünglichen Gleichgewichtslagen zurückzukehren, auch ein gewisser Reibungswiderstand sich geltend macht. Diese Annahme läßt vor-

1) Vergleiche Magnus, Pogg. Ann. Bd. 48, S. 95 und Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 83 S. 535.

aussehen, daß es für den magnetischen Rückstand im Eisen nicht gleichgültig seyn könne, sondern vielmehr von maßgebender Bedeutung seyn müsse, ob eine *plötzliche* Unterbrechung des magnetisirenden Stromes stattfindet, oder ob man eine *allmähige* Stromaufhebung in der Art einleitet, daß man die Stromstärke zuvor durch eingeschaltete Widerstände nach und nach vermindert, und erst wenn sie nahezu Null geworden ist, ganz unterbricht.

Beim allmähigen Nachlassen und Verschwinden der magnetisirenden Kraft werden die Reibungswiderstände, wegen der nur langsam gestatteten Bewegung der Molecularmagnete, den vollständigen Rücktritt in die ursprünglichen Gleichgewichtslagen verhindern; wenn dagegen die magnetisirende Kraft plötzlich zu wirken aufhört und somit die gedrehten Molecularmagnete der Rückwirkung der Molecularkräfte plötzlich vollständig überlassen worden, wird die Schnelligkeit der rückgängigen Bewegung, nach Maßgabe der größeren lebendigen Kräfte, welche die Moleküle nach plötzlicher Aufhebung des Spannungszustandes erlangen, dieselben weiter gegen die ursprünglichen Gleichgewichtslagen zurückführen, und in manchen Fällen sogar *kleine Ueberschreitungen* dieser Gleichgewichtslagen bedingen können. Geschieht das Letztere, so ist auch die weitere Annahme zulässig, daß eine Anzahl von Molecularmagneten jenseits der überschrittenen Gleichgewichtslagen zurückbleiben, und somit eine dem aufgehobenen elektro-magnetischen Zustande *entgegengesetzte* magnetische Fernwirkung bedingen könne. Eine Feder, deren Oscillation durch mäßige Reibung gehemmt ist, zeigt bei plötzlichem oder allmähigem Nachlassen eines ihr ertheilten starken Spannungszustandes ein Verhalten, welches die beschriebenen Vorgänge experimentell versinnlicht. Diese Hypothese erklärt nicht nur die Möglichkeit anomaler Magnetisirungen, sondern läßt zugleich die Bedingung derselben erkennen, indem sie zeigt, daß dieser Vorgang nur bei plötzlicher Unterbrechung des magnetisirenden Stromes eintreten kann, daß dagegen die nach allmähiger Stromaufhebung eintretenden magnetischen Rück-

stände mit dem verschwundenen temporären Magnetismus gleiche Polarität haben müssen.

Meine Beobachtungen über das Verhalten elektro-magnetisirter Eisenmassen bei plötzlicher und allmählicher Stromaufhebung, haben diese Annahmen vollkommen bestätigt. Ich will nunmehr einige von den erhaltenen Zahlenresultaten folgen lassen, wobei ich als *Einheit* der magnetischen Kräfte durchaus ein Moment von *Einer Million absoluter Einheiten* angenommen habe.

In der Magnetisirungsspirale, welche ich in meiner Abhandlung „Ueber die Coërcitivkraft verschiedener Stahlsorten“¹⁾ beschrieben habe, wurde ein *vollkommen unmagnetischer* Cylinder von *möglichst weichem Eisen*, 103^{mm} Länge und 28^{mm} Durchmesser, mit zunehmender Stromintensität soweit magnetisirt, daß sein temporäres Moment nahezu = 60 war. Nach plötzlicher Stromunterbrechung äußerte er das entgegengesetzte remanente Moment — 0,20, und zeigte auch nach wiederholten plötzlichen Oeffnungen der wieder geschlossenen Kette entschieden negative (anomale) Rückstände. Dagegen zeigte sich nach *allmählich* eingeleiteter Aufhebung des magnetisirenden Stromes jedesmal ein bedeutendes, mit dem temporären Momente gleichnamiges Residuum. Wenn der Strom hierauf in derselben Richtung abermals hergestellt, sodann aber plötzlich unterbrochen wurde, zeigte sich das mit der temporären Magnetisirung gleichnamige Residuum, welches nach allmählicher Stromaufhebung immer wenigstens den Betrag 0,30 hatte, nahezu auf 0 reducirt, konnte jedoch durch Wiederholung dieses Verfahrens nicht merklich unter 0 herabgebracht werden. Wenn aber hierauf die magnetisirende Stromrichtung gewechselt wurde, so trat nach plötzlicher Unterbrechung wieder eine ganz entschiedene anomale Magnetisirung auf.

So oft der Eisencylinder mehrere Tage in ostwestlicher horizontaler Lage unberührt gelassen war, zeigte er sich wieder vollkommen unmagnetisch, und ergab bei Wiederholung des zuerst beschriebenen Versuches wieder das

1) Welche nächstens in diesen Annalen erscheinen wird.

anomale Residuum — 0,20; er zeigte überhaupt wieder dasselbe Verhalten wie beim ersten Gebrauche. Wenn dagegen die remanenten Magnetismen nicht durch längeres Liegenlassen, sondern durch entmagnetisirende Ströme verschwinden gemacht worden¹⁾, gelang es nicht, so auffallende anomale Magnetisirungen hervorzubringen, als wenn der unmagnetische Zustand in der besagten Weise von selbst eingetreten war.

Dieselben Gesetzmäßigkeiten zeigte ein Eisenstab von 103^{mm} Länge und 20^{mm} Durchmesser, welcher in derselben Spirale bis zu einem Momente von 45 magnetisirt wurde. Es ist bemerkenswerth, daß die numerischen Beträge der remanenten Magnetismen für diesen Stab nicht erheblich von denjenigen verschieden waren, welche der dickere Stab bei gleicher Stromstärke gezeigt hatte. Die Magnetisirung wurde bei den besprochenen Versuchen in der Regel mit allmählich gesteigerten Strömen, jedesmal aber in der Art vorgenommen, daß der Eisenkern mehrere Sekunden lang der magnetisirenden Einwirkung ausgesetzt blieb.

Die auffallende numerische Verschiedenheit der remanenten Magnetismen nach plötzlicher und allmählicher Stromunterbrechung ist in jedem Falle sehr leicht nachweisbar; dagegen erbeischt die Beobachtung anomaler Magnetisirungen allerdings feinere Versuche.

Innsbruck, am 2. November 1863.

- 1) Diesen scheinbar unmagnetischen Zustand nannte Marianini »latenten« oder »dissimulirten« Magnetismus.

XIV. *Ueber das Tönen durch Wärme;*
von J. Schneider.

Um zu weiteren Aufschlüssen über die im 117. Bande S. 622 ff. dieser Annalen erörterten Töne zu gelangen, habe ich eine neue Versuchsreihe unternommen, deren Ergebnisse ich hier in der Kürze mittheile.

Die Versuche wurden mit einem 9 Zoll langen, 4 Linien dicken, runden Kupferstabe, und einem oben convexen Bleiblocke, wie er zu den Trevelyanversuchen gebraucht wird, angestellt. Der Stab wurde horizontal, und zwar $1\frac{1}{2}$ Zoll von dem einen Ende, auf den Block gelegt, und in derselben Entfernung von dem andern Ende unterstützt. Zuvor überzeugte man sich, daß der Stab nicht, wie bei den Trevelyanversuchen, auf hervorstehenden Kanten oder Spitzen ruhte, sondern mit dem Bleie nur eine einzige, und immer ein und dieselbe Berührungsstelle hatte; die Metallflächen wurden an der Berührungsstelle sorgfältig rein gehalten.

Schlägt man die aufliegende Kupferstange, ohne zu erhitzen, in senkrechter Richtung von Oben nach Unten, oder auch umgekehrt an; so hört man außer dem Tone der vibrirenden Metallstange noch einen, nur wenig länger dauernden Ton, der von den schnell aufeinander folgenden, an Stärke rasch abnehmenden Stößen der Stange auf die Unterlage herrührt. Erhitzt man nun die Stange allmählich, so wird dieser schwache und kurze Ton, bei fortgesetztem Anschlagen, um so deutlicher und anhaltender, je weiter die Erhitzung fortschreitet, bis endlich, sobald die gehörige Temperatur erreicht ist, der Ton ununterbrochen anhält, und das früher erwähnte Singen des Apparates eintritt.

Schlägt man die Metallstange, ohne zu erhitzen, in horizontaler Richtung von der Seite an, so entsteht, außer dem gewöhnlichen Ton der Stange, kein zweiter Ton; ebenso wenig ist man im Stande, nach geschehener Erhitzung, durch

bloß seitliches Anschlagen die Stange zum Singen zu bringen, wodurch sich wiederum ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Trevelyanversuche und dem unserigen kund giebt. Um diesen Unterschied bequem zu beobachten, ist es zweckmäßig, in der oberen Fläche des Bleiblocks eine schmale Vertiefung zu bilden, so daß die Stange auf zwei hervorstehende Kanten zu liegen kommt, und daneben eine völlig ebene und glatte Fläche herzustellen, wo die Stange nur eine einzige Berührungsstelle finden kann. Der Kürze halber mögen die beim Trevelyanversuche entstehenden Töne mit No. 1, die in Rede stehenden Töne mit No. 2 bezeichnet werden. Legt man nun die erhitzte Stange in die Vertiefung und schlägt sie von der Seite an, so erhält man augenblicklich den Ton No. 1, schiebt man dann die erhitzte Stange auf die daneben liegende glatte Fläche, und giebt ihr in derselben Weise einen seitlichen Impuls, so erhält man durchaus keinen Ton; während alsbald der Ton No. 2 eintritt, wenn der Impuls in senkrechter Richtung von Oben nach Unten, oder umgekehrt erfolgt. Legt man die Stange wiederum in die Vertiefung, und schlägt sie von Oben oder Unten an; so erhält man abwechselnd beide Arten von Tönen, doch so, daß der Ton No. 1 vorherrschend ist, und den Ton No. 2 stets zu verdrängen sucht, der daher nicht anhaltend, und immer nur auf kurze Zeit auftritt, während, wenn man die Stange wiederum auf die glatte Fläche schiebt, der Ton No. 1 ausbleibt und dann der Ton No. 2 ununterbrochen anhält.

Die Oscillationen, denen die Töne No. 1 ihre Entstehung verdanken, lassen sich, wie bekannt, in sehr vielen Fällen schon durch das Gefühl erkennen, wenn man den Wackler an einer passenden Stelle berührt; auch das Schwingen der Unterlage giebt sich auf dieselbe Weise kund; bei den Tönen No. 2 aber nimmt man nicht leicht Schwingungen der Unterlage auf diese Art gewahr; dagegen fühlt man die Vibrationen der Metallstange, namentlich wenn man dieselbe an dem, dem Unterstützungspunkte zunächst liegenden Ende berührt, sehr deutlich. Sind die Schwingungsampli-

tuden des Wacklers bei den Tönen No. 1 groß genug, so kann man sie bekanntlich auch sehen, und man hat dieses durch einen quer darüber gelegten langen Strohhalm noch deutlicher zu machen gesucht. Befestigt man aber einen solchen Strohhalm quer am Ende der Metallstange, so erkennt man, mag der Strohhalm auch noch so sehr verlängert werden, an demselben keine, oder nur äußerst schwache Bewegung, und selbst die Erschütterungen, die man durch unmittelbares Berühren der Metallstange erfährt, sind an dem Strohhalm kaum merklich. Sehr deutlich dagegen geben sich die Vibrationen der Stange kund, wenn man sie nahe dem Aufliegepunkte mit einem Metallstabe berührt, wobei hervorzuheben ist, daß die Erschütterungen an den Seiten der Stange am schwächsten, und immer stärker wahrgenommen werden, je mehr man sich mit dem Stabe dem oberen oder unteren Theile der Stange nähert.

Uebt man in einigen Zollen Entfernung von der Aufliegestelle einen senkrechten Druck auf die Stange aus, so geht der in der Regel schrillende Ton stets in einen reineren und zugleich höheren über; hört der Druck auf, so tritt auch der frühere Ton wieder ein. Durch einen seitlichen Druck in horizontaler Richtung ebenso, wie durch den senkrechten Druck unmittelbar über dem Unterstützungspunkte hört der Ton alsbald völlig auf. Zuweilen tritt der Ton, wenn er durch einen zu starken senkrechten Druck gehemmt worden, bei aufgehörendem Druck, ohne einen neuen Impuls, sogleich von selbst wieder ein, was man bei starker Erhitzung der Stange oft mehrere Male hinter einander sich wiederholen lassen kann. Auch durch Berührung oder Druck auf den Bleiblock werden die Töne entweder gänzlich verändert, oder gänzlich gehemmt.

Um das Gelingen der Versuche zu sichern, ist es zweckmäßig, die aufliegende Metallstange vor der Erhitzung versuchsweise anzuschlagen, um den Eingangs erwähnten kurzen Ton zu erhalten; so lange dieser nicht eintritt, tritt auch der anhaltende Ton nicht ein, und man muß die Lage der Stange so lange verändern, bis man beim Anschlagen

jenen Ton vernimmt: alsdann erst kann der Apparat nach dem Erhitzen zum Singen gebracht werden.

Bei dem Trevelyanversuche war es nicht schwer, die *nächste Ursache* der Töne in dem abwechselnden Aufschlagen der Kanten des Wacklers auf die Unterlage, und den dadurch in beiden hervorgerufenen Schwingungen zu erkennen, indem man die Oscillationen des Wacklers in vielen Fällen deutlich wahrnehmen, oder doch die Schwingungsamplituden zur deutlichen Wahrnehmung hinlänglich vergrößern konnte. Weit weniger ist dieses bei den in Rede stehenden Tönen der Fall; doch scheinen mir die bisherigen Versuche völlig hinzureichen, um die *nächste Ursache* unserer Töne in *senkrechten Stößen der Stange auf die Unterlage* zu erkennen, durch welche beide in Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht werden. Fragen wir nun nach der *Ursache dieser senkrechten Stöße*, und ferner nach der *Ursache ihrer Fortdauer* nach geschehener Erhitzung, so geben uns die Versuche, nach denen dieselben nur nach erfolgtem *äußerem Impulse*, und dann auf kurze Zeit auch *ohne* vorherige Temperaturerhöhung eintreten; dahin Aufschluß, daß, unter Ausschließung jeder etwa dabei wirksamen Abstoßungskraft, eben dieser *Impuls* als die Ursache des *Beginnens* der Töne zu setzen, während die *Fortdauer* derselben in der *Temperaturdifferenz* der sich berührenden Körper zu suchen ist. Eine weitere Discussion der Versuche in Betreff der angezeigten näheren Ursachen der Töne halte ich für überflüssig; in welcher Weise aber jene Temperaturdifferenz die Fortdauer der Töne bewirke, ist hier, wie bei dem Trevelyanversuche, sowohl die wichtigste, als schwierigste Frage, und scheinen mir die bisherigen Versuche zu einer erschöpfenden Beantwortung derselben noch nicht ausreichend; ich beschränke mich daher um so mehr nur auf die Andeutungen, die durch fernere Versuche zu prüfen und zu ergänzen seyn werden, als selbst die äußerst zahlreichen Versuche, welche das Trevelyan'sche Phänomen hervorgerufen, zu einer allgemein an-

genommenen Erklärung desselben bis jetzt nicht geführt haben.

Wenn die nicht erhitzte Metallstange durch einen senkrechten Impuls erschüttert wird, so stößt sie auf die Unterlage, fährt in die Höhe zurück, und indem sie wieder auf die Unterlage fällt, wiederholt sich dieser Vorgang einige Male hinter einander, bis die Stange aus bekannten Gründen alsbald zur Ruhe kommt: durch die rasch aufeinander folgenden Stöße werden Stange und Unterlage in Schwingungen versetzt, die einen kurzen anhaltenden Ton erzeugen. Wird nun die Stange erhitzt, so wird sie durch das an der Berührungsstelle sich ausdehnende Blei gehoben, und wenn sie nach erfolgtem Impulse in die Höhe gegangen, so kühlt sich das Blei an der Berührungsstelle ab, sinkt nieder, und die Stange durchläuft beim Herabfallen einen größeren Raum, als der war, den sie beim Aufsteigen durchlief: hierdurch erhält sie einen Zuwachs an Geschwindigkeit, der hinreichend ist, den Geschwindigkeitsverlust, den sie durch den Stoß und die Hindernisse der Bewegung erlitt, zu ersetzen, und dies wird sich so lange wiederholen, als die erforderliche Temperaturdifferenz der sich berührenden Metalle anhält. Hierbei scheint mir aber, wie schon früher angedeutet¹⁾, die Ausdehnung des Bleies in *horizontaler* Richtung eine sehr wichtige Rolle zu spielen, was sich unter Anderem darin kund giebt, daß die Töne in der Regel unrein und schrillend sind, aber um so reiner werden, je weniger Raubigkeit die Metalle an der Berührungsstelle haben, und sich völlig rein und musikalisch stimmen lassen, wenn man an passender Stelle auf die Stange einen senkrechten Druck ausübt, wodurch die seitliche Wirkung an der Berührungsstelle gehemmt wird. Weitere Versuche sind jedoch erforderlich, um über die Wirkungen Aufschluß zu erhalten, welche die Ausdehnung und Zusammenziehung der Bleiunterlage in horizontalem Sinne zur Folge haben, und die bei Erklärung des Trevelyanversuches als unmerklich ganz außer Acht gelassen zu

1) Poggendorff's Ann. Bd. 117, S. 626.

werden pflegen; wobei dann auch die Frage zur Sprache kommt, ob nicht manche der von früheren Beobachtern bei dem Trevelyanversuche wahrgenommenen Töne, die man mit der Faraday'schen Theorie nicht in Einklang zu bringen wußte, zu den in Rede stehenden gehören, und nur mit den Trevelyan'schen Tönen verwechselt worden sind.

XV. *Neuer Meteorsteinfall in Indien.*

In der Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der K. Akademie zu Wien vom 10. December 1863 berichtete Hr. W. Haidinger über den Fall eines Meteorsteines, welcher am 11. August des gegenwärtigen Jahres, Vormittags zwischen 11 und 12 Uhr in der Nähe einer Ortschaft Shythal, wenige englische Meilen nördlich von der Stadt Dacca in Bengalen, stattgefunden hat. Dacca liegt zwischen den Flüssen Ganges und Brahmaputra, 150 engl. Meilen nordöstlich von Calcutta. Der Fall wurde von einem Eingebornen, dem Ryot Doyal Bungshee, gut beobachtet.

Bei Donnerschall bewegte sich ein runder rother Körper von Ost gegen West und schlug anderthalb Fufs tief in den feuchten Boden; nach einer halben Stunde ausgegraben, war er nicht wärmer als der umgebende Grund. Der Zemindar Baboo Kally Narain Roy schickte den Stein an Dr. Simpson in Dacca. Nach einer vorläufigen chemischen Untersuchung von Hrn. Brennand in Dacca, welche Kieselerde, metallisches Eisen, Nickel, Kobalt und Mangan, auch einfach Schwefeleisen nachwies, schickte Dr. Simpson den Meteorstein an den Gouverneur in Calcutta, der ihn wieder der *Asiatic Society of Bengal* verehrte. In der Sitzung am 4. November wurde er derselben vorgelegt. Hr. Dr. Ferdinand Stoliczka berichtete über diesen Meteoriten an Haidinger und sandte auch Abbildungen ein. Der Stein wird demnächst an das britische Museum nach London gesandt werden, doch ist auch dem k. k. Hof-Mineralien-Cabinette in Wien ein Abschnitt zugesagt. Er wiegt etwas über 5 Pfund, ist größtentheils schwarz über-

rindet, innen hellgrau mit grösseren und kleineren helleren Einschlüssen metallischer Theilchen von Eisen und von einfach Schwefeleisen und ausgezeichnet breccienartiger Structur; die Gestalt ist die eines Bruchstückes, dessen in der Anlage scharfe Kanten durch äusserliche Schmelzung abgerundet sind.

XVI. Bemerkung zu Melde's Lehre von den Schwingungscuren; von J. Lippich.

Hr. Dr. F. Melde nimmt am Schlusse seines ausführlichen Werkes: *Die Lehre von den Schwingungen* Notiz von einer von mir veröffentlichten Arbeit, und erwähnt, es scheine mir seine in diesen Ann. Bd. 115 (1861) S. 117 mitgetheilte Abhandlung *Ueber das Universal-Kaleidophon* entgangen zu seyn, da ich die Zeichnung und Beschreibung eines Apparates beifüge, den derselbe in fast derselben Form angegeben hatte. Ich glaube hierauf bemerken zu müssen, dass die erwähnte Abhandlung im Januarhefte mit dem Datum vom 2. December 1861 erschien, während meine Arbeit in der Sitzung vom 31. October desselben Jahres der kais. Akademie vorgelegt wurde, ich also bezüglich des darin Niedergelegten die Priorität zu beanspruchen berechtigt wäre.

Beiläufig sey noch hinzugefügt, dass ich nicht, wie Hr. Melde meint, von Grundsätzen der Mechanik ausgehend, sondern zu dem Zwecke, um auf eine einfache Weise die erhaltenen Formeln durch messende Versuche zu verificiren, von rein geometrischem Standpunkte aus die, auch in dem Eingangs angeführten Werke besprochenen Eigenschaften der Interferenzcurven, und noch einige andere nicht minder interessante, mir abzuleiten genöthigt war. Von meiner Abhandlung ist auch in diesen Annalen Bd. 106 ein Auszug mitgetheilt worden.

Prag, den 14. December 1863.

Namenregister

zum

Jahrgang 1863.

Die in der Folge beschriebenen Werke sind in der Regel in der
Bibliothek der Universität zu Bonn aufbewahrt. Die
Bibliothek der Universität zu Bonn ist eine der reichsten
in Deutschland. Sie enthält eine große Anzahl von
Büchern, die in der Geschichte der Wissenschaften
von großer Bedeutung sind.

Die in der Folge beschriebenen Werke sind in der Regel in der Bibliothek der Universität zu Bonn aufbewahrt.

Die in der Folge beschriebenen Werke sind in der Regel in der
Bibliothek der Universität zu Bonn aufbewahrt. Die
Bibliothek der Universität zu Bonn ist eine der reichsten
in Deutschland. Sie enthält eine große Anzahl von
Büchern, die in der Geschichte der Wissenschaften
von großer Bedeutung sind.

Die in der Folge beschriebenen Werke sind in der Regel in der
Bibliothek der Universität zu Bonn aufbewahrt. Die
Bibliothek der Universität zu Bonn ist eine der reichsten
in Deutschland. Sie enthält eine große Anzahl von
Büchern, die in der Geschichte der Wissenschaften
von großer Bedeutung sind.

Die in der Folge beschriebenen Werke sind in der Regel in der
Bibliothek der Universität zu Bonn aufbewahrt. Die
Bibliothek der Universität zu Bonn ist eine der reichsten
in Deutschland. Sie enthält eine große Anzahl von
Büchern, die in der Geschichte der Wissenschaften
von großer Bedeutung sind.

Cornu, Theorem üb. d. Relationen zwisch. d. Lagen d. Polarisationssebenen d. einfallend., reflectirt. u. in isotrop. Mitteln gebrochn. Strahls XVIII, 492.

Czudnowicz, C., Untersuch. üb. d. Vanadin, XX, 17.

D.

Deicke, H., Bestimm. d. Absorptionscoëff. der Chlorwasserstoffsäure für Wasser, XIX, 156.

Des Cloiseaux, A. L. O., Beob. über d. temporäre u. permanente Modificatt., welche d. Wirk. der Wärme einigen opt. Eigenschaften mehrer krystall. Körper einprägt XIX, 481.

Donders, F. C., Die Refractionsanomalien d. Auges u. ihre Folgen XX, 452.

Droncke, A., Zur mechan. Wärmetheorie XIX, 388 u. 583.

Dub, J., Ueb. d. Urtheil Wiedemann's in Bezug auf d. Gesetze f. d. Abhängigkeit d. magnet. Intensität von d. Dimensionen d. Elektromagnete, XVIII, 516.

Der Satz von Thomson in Bezug auf d. Wirk. d. Elektromagnete usw. XX, 539.

F.

Fizeau, H., Ueb. d. Modificatt., welche d. Licht in Glas u. andr. Körpern unter d. Einfl. d. Wärme erleidet XIX, 87 u. 297.

Foucault, L., Experimentelle Bestimm. d. Geschwindigkeit d. Lichtes; Parallaxe der Sonne, XVIII, 485 u. 585.

Freund, G. A., Ueb. d. Bewegung d. Luft um e. sich drehend. Cylinder XVIII, 1.

Fröhde, A., Ueb. einige Anwendd.

d. unterschweifigs. Natrons z. qualitat. u. quantit. Analysen usw. XIX, 317.

G.

Gädicke, J., Ueber d. Verluste an fester Substanz, welche Pflanzen b. langsam. Trocknen erleiden XVIII, 606.

Gassiot, J. P., Ueber d. Wärme-Entwickl. an d. Polen e. Volta-Batterie usw. XIX, 131.

Goppelsröder, F., Ueb. eine d. lodstärke-Reaction maskirende Eigenschaft gewiss. unorgan. Substanzen, XIX, 57. — Neues Reagens auf alkal. reagirende Flüssigkeiten u. auf salpetrige. Salze XIX, 64.

Graham, Th., Ueber d. moleculare Beweglichk. d. Gase XX, 415.

Grüel, C. A., Ueb. d. opt. Wirk. d. Insekten-Augen XIX, 640. — Ueber künstl. Erzeugung von Asterismus XX, 511.

H.

Haerlin, J., Ueber d. Verhalten einiger Farbstoffe im Sonnenspectrum XVIII, 70.

Haidinger, W., Ueber ein bisher unbekanntes Meteorereign. XIX, 642. — Neuer Meteorsteinfall in Indien XX, 639.

Hallier, E., Ueber e. merkwürd. Verändr. d. Holzes d. Schiffsmaste XVIII, 317.

Handl, A., Magnet. Declinat. in Lemberg, XIX, 176.

Hering, E., Ueber W. Wundt's Theorie des binocularen Sehens XIX, 115. — Siehe Wundt.

Hermes, O., Ueb. krystallisirtes Natronhydrat, XIX, 170.

- Karalyi, L. v. Die Verbrennungsproducte d. Schiefswolle und des Schiefspulvers unter Umständen analog denen der Praxis, XVIII, 544.
- Karsten, H., Entwicklungs-Erschein. der organ. Zelle XVIII, 319.
- Kesselmeyer, P. A., Ueb. einige angebl. Meteorsteinfälle XX, 506.
- Kessler, F., Ueber d. Verhalt. d. Chromsäure u. d. Uebermangansäure gegen d. niedr. Oxydationsstufen d. Eisens, Arsens u. Antimons XVIII, 17. — Ueber einige Fälle d. inducirt. Sauerstoff-Uebertragung, XIX, 218.
- Kirchhoff, G. Zur Geschichte d. Spectral-Analyse u. d. Analyse d. Sonnenatmosphäre XVIII, 94.
- Knoblauch, H., Ueber d. Durchgang d. strahlend. Wärme durch polirtes, mattes u. verulantes Stein Salz u. über d. Diffusion d. Wärmestrahlen XX, 177.
- Köbel, F. v. Ueber/e. Gemshart-Elektroskop und über Mineral-Elekt. XVIII, 594.
- König, R., Apparat zur Mess. d. Geschwindigk. d. Schalls XVIII, 610.
- Kohlrausch, F., Ueber d. elast. Nachwirk. bei d. Torsion, XIX, 337.
- Kremers, J., Ueber d. Aenderungen, welche d. Modificat. d. mittl. Volums durch Aender. d. Temperatur. erleidet XX, 493. — Ueber d. relative Stellung der unzerlegt. Körper, XX, 630.
- Kundt, A., Ueb. d. Untersuch. plan-paralleler Platten XX, 46. — Unters. über Augenmaass u. opt. Täuschungen XX, 118.
- Lamont, J., Ueber d. Dalton'sche Dampftheorie u. ihre Anwend.
- auf d. Wasserdampf d. Atmosphäre XVIII, 168.
- Lang, J., Beitr. z. Kenntn. d. salpetrig. Salze, mit Bemerk. von C. Rammelsberg XVIII, 282.
- Lang, V. v., Krystallf. u. opt. Verhalt. d. schwefelsaur. Thalliumoxyds XVIII, 630. — Zur Theorie d. Circularpolarisation XIX, 74.
- Lippich, F., Bemerk. zu Melde's Lehre von d. Schwingungscurven XX, 660.
- Lommel, E., Die Interferenz-Erschein. zweiaxiger, senkrecht z. ersten Mittellinie geschnitt. Krystallplatten im homogen. polarisirt. Licht XX, 69.
- Lorentz, L., Ueber d. Theorien d. Lichts XVIII, 111.
- M.
- Magnus, G., Ueber die Diathermanie trocken. und feucht. Luft, XVIII, 575.
- Martin, A., Neues Verfahr. z. kalten Versilber. d. Glases XX, 335.
- Mascart, Wellenlänge d. Linie A, XVIII, 367.
- Matthiessen, A., u. Vogt, C., Ueb. d. elekt. Leitungsfähigk. von Thallium u. Eisen u. über d. Einfluß d. Temperat. auf diese XVIII, 431.
- Mauritius, Versuche üb. d. Magnetismus b. verschiedn. Temperatur XX, 385. — Einfache Vorricht. z. Bestimm. d. magnet. Declination XX, 617.
- Melde, F., Ueber die Erschein. beim Aufsteigen von Gasbläschen in mit Flüssigkeiten gefüllt. cylindr. Röhren XVIII, 135.
- Meyer, L., Ueb. d. Krystallf. d. Löwig'schen Desoxalsäureäthyläthers XX, 605.
- Mohr, F., Einfarbig. Regenbogen XIX, 332. — Bestätigung seiner Hageltheorie XX, 167.

Müller, J., Bestimm. d. Wellenlänge einiger hellen Spectrallinien XVIII, 641. — Bestimm. d. magnet. Inclinat. zu Freiburg durch inducirte Ströme XX, 612.

Oettingen, A. v., Ueber d. Laden d. Leydener Batterie durch Induction und über d. Entlad. d. Batterie durch das Inductorium XVIII, 369.

Okatow, M., Ueber d. Verhältn. d. Quercontraction z. Längendilatation XIX, 11.

Oppel, J. J., Ueber subjective Licht-Erscheinungen XVIII, 480.

Paalzow, A., Ueber die Licht-Erschein. bei d. Entladung der Leydn. Batterie, wenn sie in e. rotirend. Spiegel beobachtet wird XVIII, 178. — Ueb. d. Glüh-Erschein. am positiven und negat. Pole bei d. Entlad. e. Leydn. Batt. XVIII, 357.

Pape, C., Ueb. d. spec. Wärme wasserfr. u. wasserhalt. schwefelsaur. Salze; XX, 337 u. 579.

Pissis, Höhe d. Aconcagua XX, 176.

Place, F., Ueber Foucault's Bestimm. d. Parallaxe d. Sonne XVIII, 635 u. XIX, 331.

Quincke, G., Ueber d. Lage d. Schwingungen d. Aethertheilchen

in e. geradlinig polarisirt. Lichtstrahl XVIII, 445. — Ueber d. opt. Eigenschaften d. Metalle XIX, 368. — Ueber d. Brechungs-Exponenten d. Metalle XX, 599.

Radau, R., Bemerkk. über Prismen XVIII, 452.

Rammelsberg, C., Ueber d. Krystallf. d. 2fach chromsaur. Ammoniaks XVIII, 158. — Ueb. einige krystallisirte Zinnhüttenproducte von Schlackenwalde u. krystallisirt. Legirungen im Allgemeinen, XX, 54. — Ueber die Trennung von Zinnsäure u. Wolframsäure, XX, 66. — Siehe auch J. Lang.

Rath, G. v., Mineralog. Mittheilungen XIX, 247.

Reichenbach, R. v., Ueber das chem. Verhalt. d. Meteorisens gegen Säure XIX, 173. — Ueber d. Erzeugung v. Wärme u. Licht durch Meteoriten XIX, 275.

Reusch, E., Ueber d. Schillern gewisser Krystalle, XVIII, 256 u. XX, 98.

Riefa, P., Ablenkung d. Magnetnadel durch die Nebenströme d. Leydener Batterie XX, 513.

Ringer, S., Ueber d. Aendr. d. Tonhöhe bei Leitung d. Töne durch verschiedn. Medien XVIII, 636.

Roscoe, H. E., Ueb. d. Bestimm. d. chem. Helligkeit an verschiedn. Theilen der Sonnenscheibe XX, 331.

Rose, G., Systemat. Verzeichn. d. Meteoriten im mineralog. Museum von Berlin XVIII, 419. — Ueber d. Schmelzung d. kohlen-saur. Kalks und darstell. künstl. Marmors XVIII, 565. — Ueber zwei neue Meteoritenfälle XX, 619.

Rose, H., Ueb. d. Zerleg. d. Quecksilberiodids XVIII, 165. Ueb. d. Zusammensetz. d. in d. Natur vor-

Kommend., kobalthaltig. Mineralien XVIII, 339, 406 u. 497. — Ueb. d. neue Reihe d. Metalloxyden XX, 1.

S.

- Salm-Horstmar, Fürst, Ueber das Verhalten des Quarzes beim Aetzen und Schleifen XX, 334.
 Sals. A. F. v., Ueber die Niveau-Veränderungen d. Wasserspiegels d. Ostsee, XX, 646.
 Schafarik, A., Ein alterer Sternschnuppenfall, XIX, 643.
 Scheerer, Th. Ueber d. atomist. Zusammensetz. d. Kieselerde usw. XVIII, 182 — Ueber z. angebl. Pseudomorphose des Spreustein nach Cancrinit, nebst Bemerkk. üb. d. Elaeolith, XIX, 145.
 Schmid, E. E. Die Melaphyr von d. Mombächler Höfen u. der darin eingeschloss. Labrador XIX, 138. — Schaumkalk von Lengfeld XIX 324. — Ueber d. Coelestin in d. thüring. Trias, XX, 637.
 Schneider, J. Leuchtende Wolken XIX, 333 — Ueber d. Tönen durch Wärme. XX, 654.
 Schrauf, A., Der Meteorit von Alessandria XVIII, 361. — Ueb. d. Einfl. d. chem. Zusammensetz. auf d. Fortpflanz. d. Lichts XVIII 359, XIX, 461 und 553.
 Siemens u. Halske, Widerstands-Etalon XX, 512.
 Simmler, R. Th. Hand- u. Reisspectroskop XX, 623.
 Sorot, J. L. Ueber d. elektrolyt. darstell. d. Ozons und über die Natur dieses Körpers XVIII, 623.
 Stahlschmidt, J. K. F., Ueber d. Einwirk. d. Iodmethyls auf Iodstickstoff; Zusammensetz. desselben u. eine neue Stickstoffverbind. XIX 421.
 Stefan, J., Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit d. Schalls in

gasigen Körpern XVIII, 404. — Bemerkk. zur Theorie der Gase XIX, 492.

- Vogel, H. Ueber krytallisirt. Silberoxyd u. kohlensäur. Silberoxyd XVIII, 145. — Ueber d. Verhalt. d. Chlorsilbers, Bromsilbers und Iodsilbers im Licht, u. die Theorie d. Photographie XIX, 497.
 Vogt, siehe Matthiessen.

W.

- Waltenhofen, A. v., Ueber d. magnet. Rückstand im Eisen, XX, 650.
 Weber, Rud., Ueber d. Verbindd. einiger Chlormetalle mit salpetriger u. mit chlorsalpetriger Säure XVIII, 471. — Ueber Selenigsäurehydrat XVIII, 479. — Ueber d. isomeren Modificat. d. Titansäure u. über einige Titanverbindd. XX, 257.
 Websky, Ueb. Anwend. d. Quenstedt'schen Krystallprojection auf Zwillingaskrystalle XVIII, 240.
 Weifs, Ch. E., Beob. und Untera. über d. Schillerspath von Todmoos, XIX, 446.
 Wichelhaus, H. Analyse d. Meteorisens v. d. Hacienda St. Rosa in Mexico XVIII, 631.
 Wicke, W., u. Wöhler, F., Ueb. ein neu aufgef. Meteorisens, XX, 509.
 Wiedemann, siehe Dub.
 Wiederhold, E., Ueber d. Zersetz. des schmelzend. chlorsaur. Kalis durch die s. g. katalyt. Körper, nebst Bemerkk. über d. Na-

tur d. Oxid. XVIII, 186. — Ueb. d. festen Arsenwasserstoff XVIII, 615.

Wiener, Ch., Erklärung d. atomist. Wesens d. tropfbar flüssig. Körperzustandes usw. XVIII, 79.

Wiesener, J., Ueber d. magnet. Verhalt. einiger Cyanverbind. d. Eisens, Nickels u. Kobalts, XIX, 336.

Wild, H., Photometr. Untersuchungen, XVIII, 193.

Wilhelmy, L., Ueber d. Abhängigk. d. Capillaritäts-Constate d. Alkohole von Substant u. Gestalt

des benetzten festen Körpers, XIX, 177. — 187.

Wöllner, A., Zur Absorption d. Lichts XX, 159.

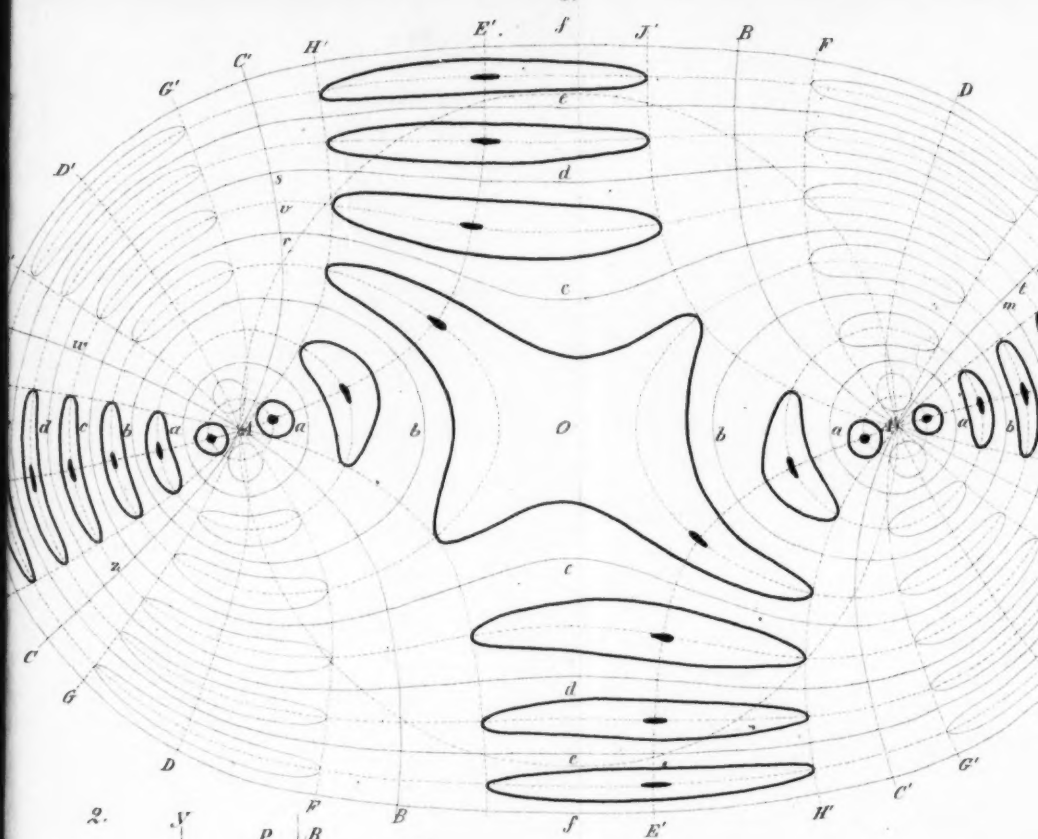
Wundt, W., Ueb. Hering's Kritik seiner Theorie d. Binocularsehens XX, 172.

Z

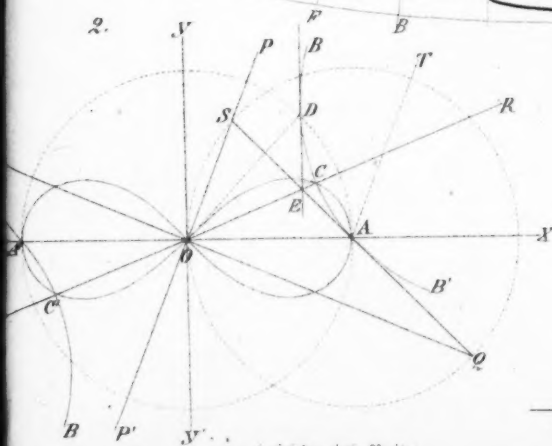
Zürkel, F., Ueber d. mikroskop. Structur d. Gesteine, XIX, 296 u. 644.



5.

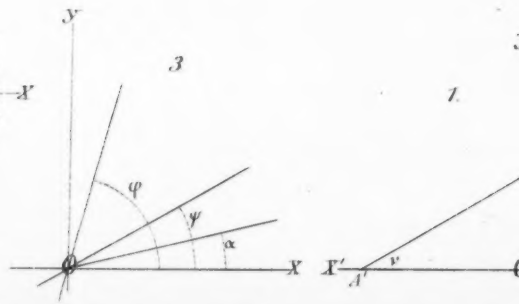


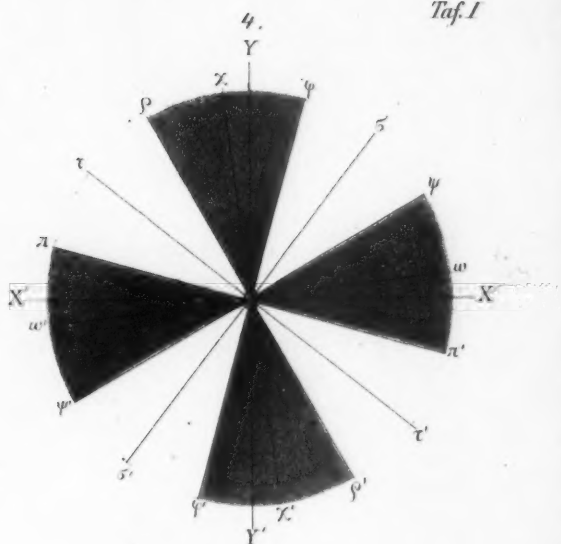
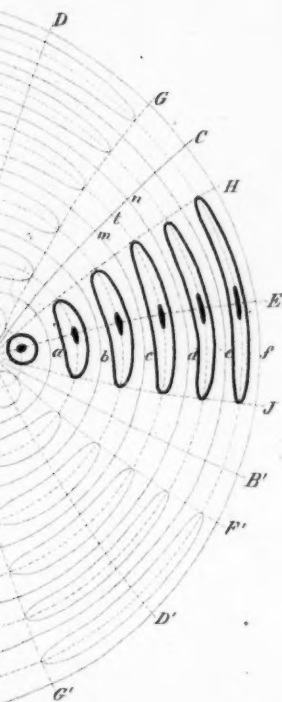
2.



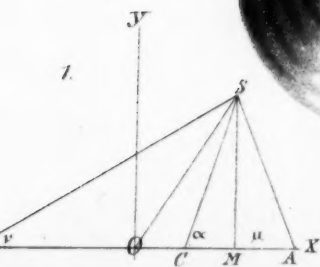
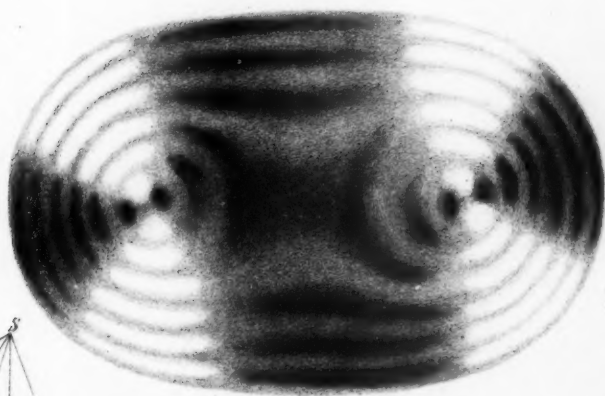
an. Schöningh Verlag Berlin

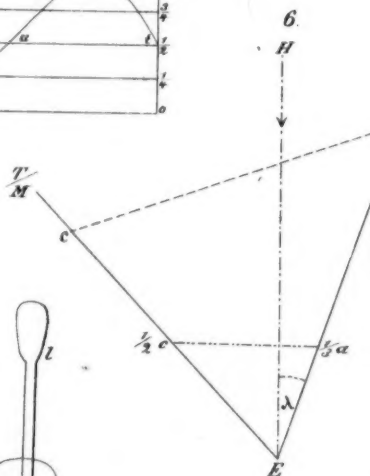
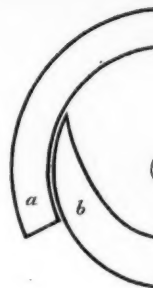
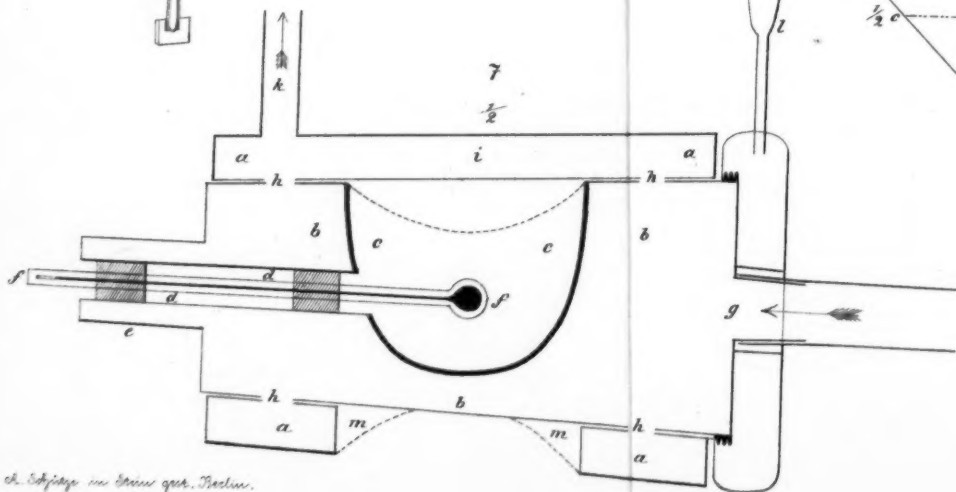
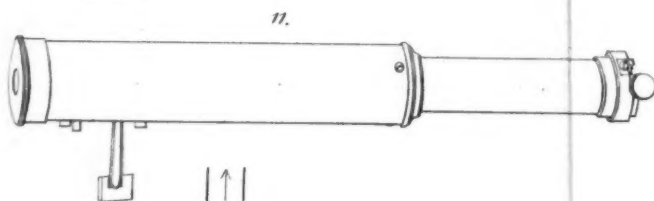
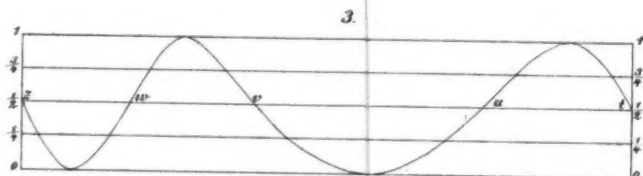
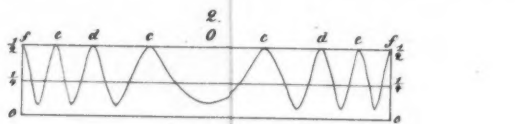
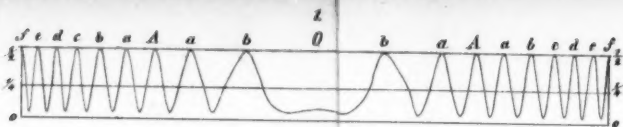
3





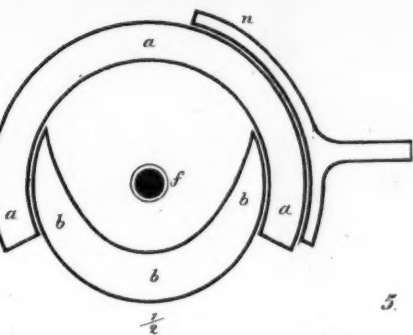
6.





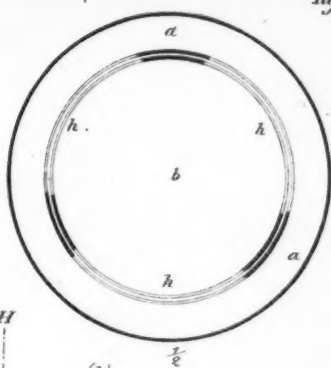
Ch. Schjölberg im Namen gest. Nachl.

8.

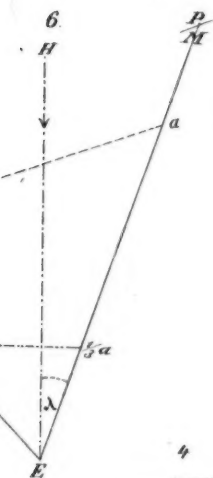
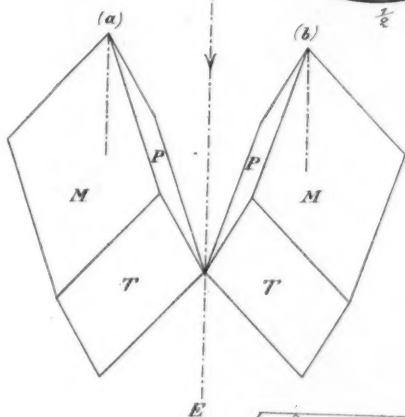


9.

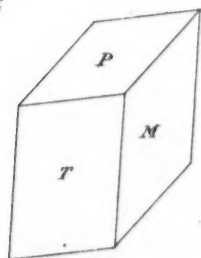
Taf II.



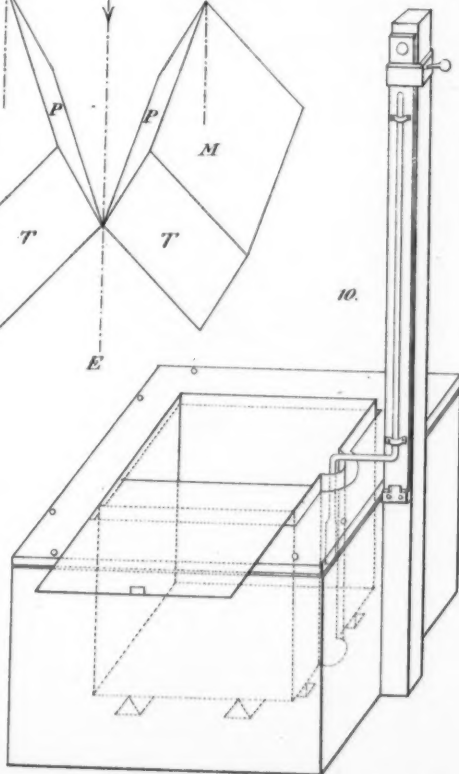
5. H

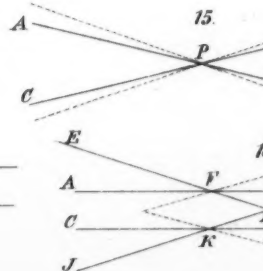
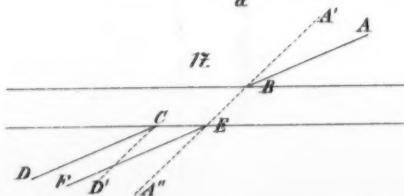
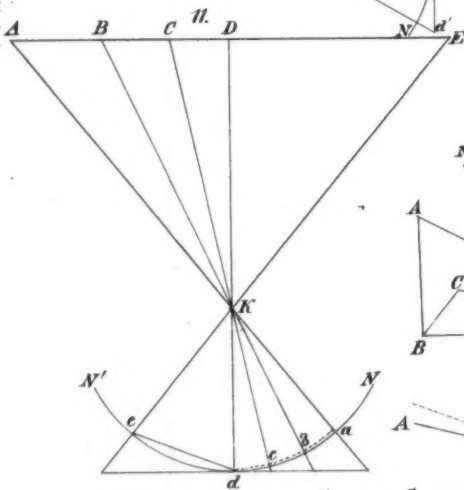
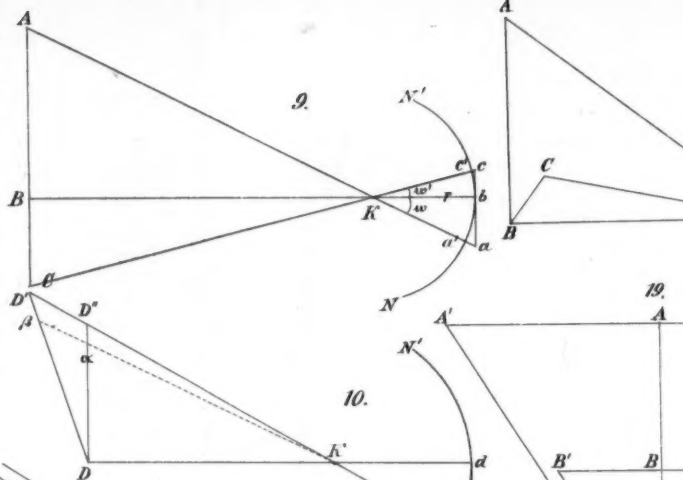
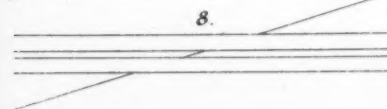
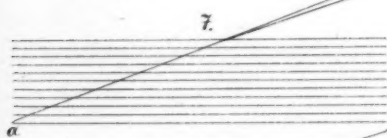
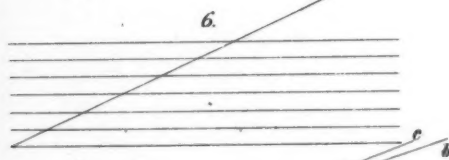
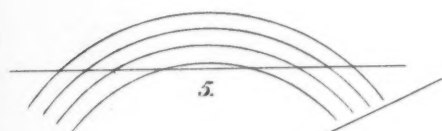
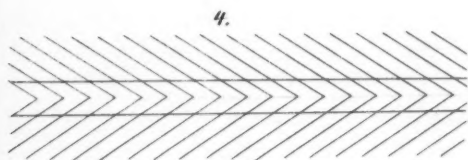
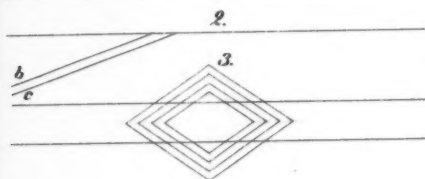
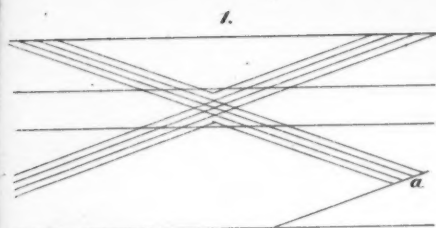


4

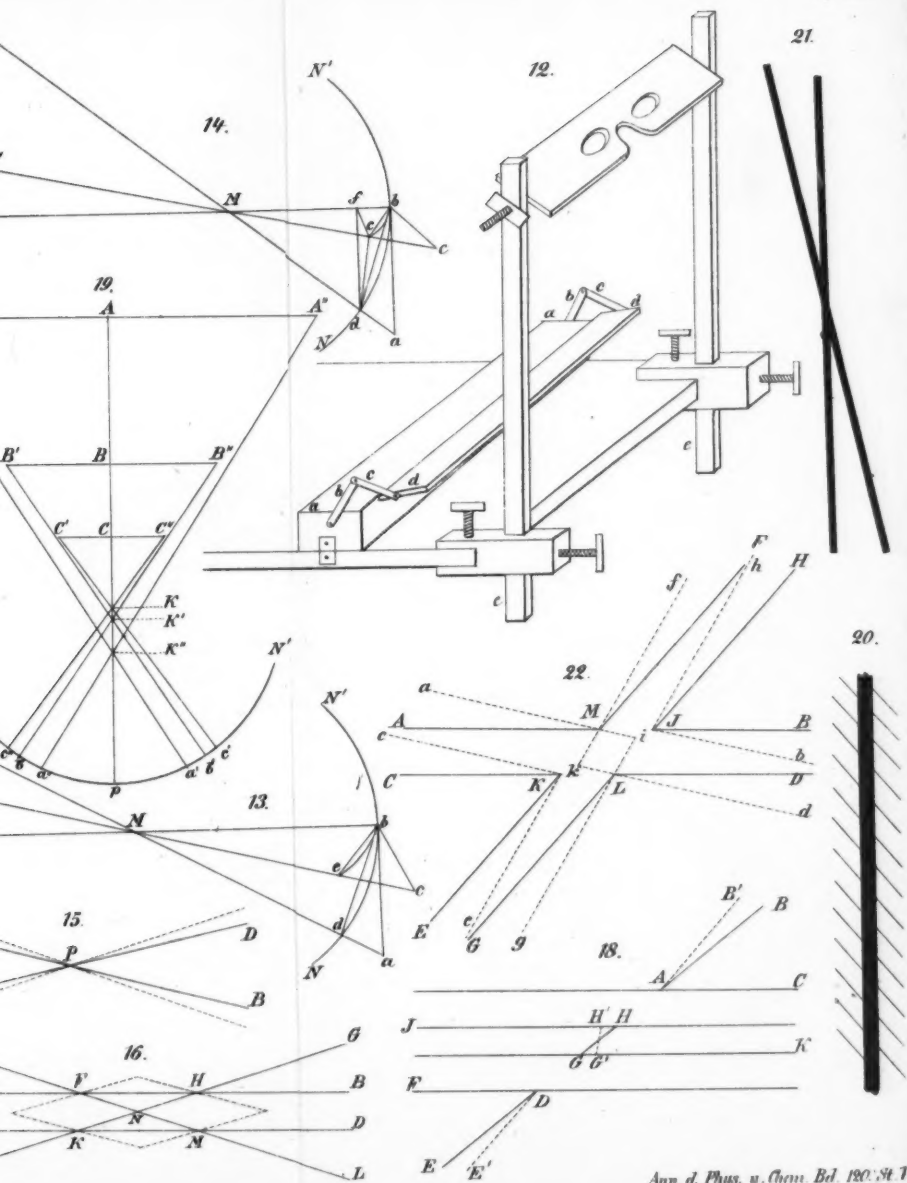


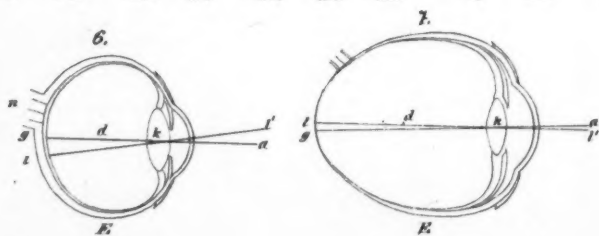
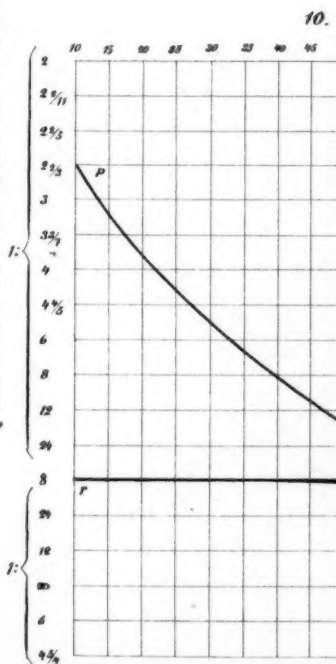
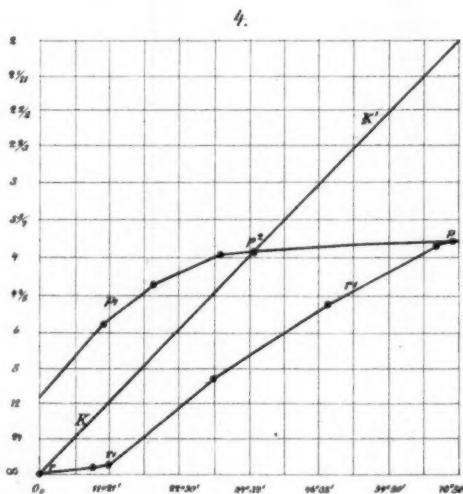
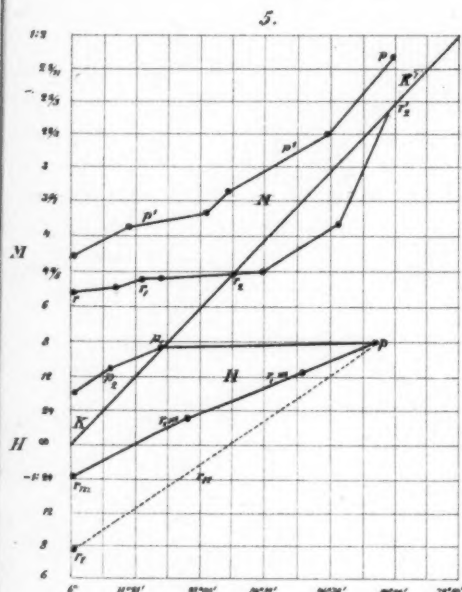
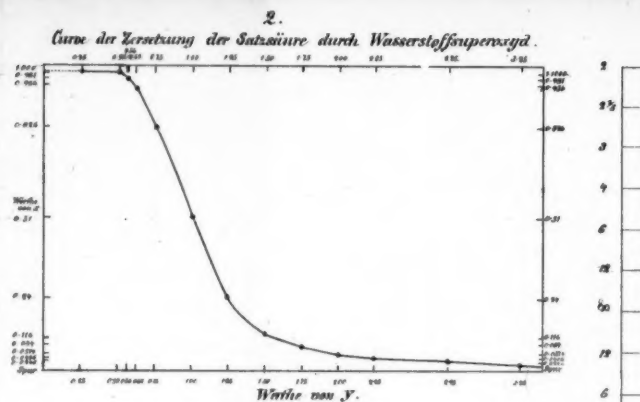
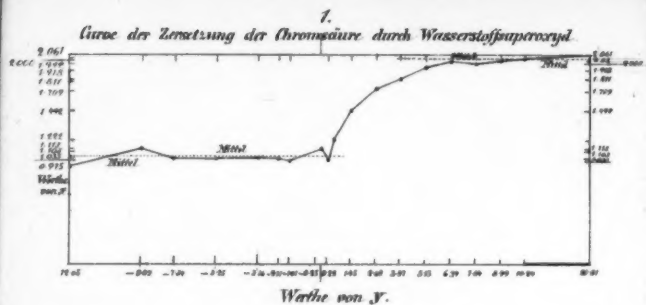
10.





at Schiller in Stein gest.



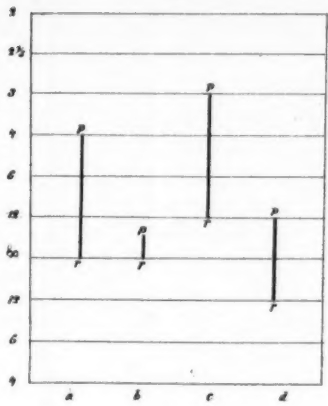


schäufte in Stein gest.

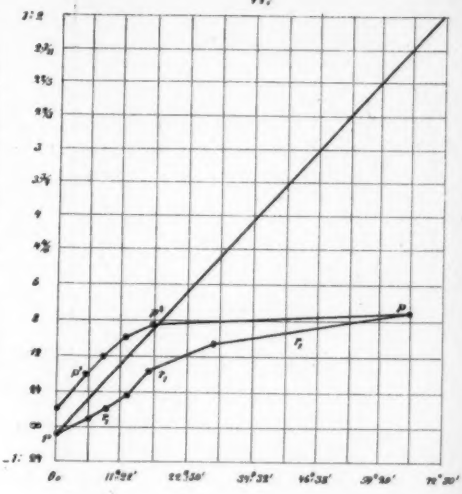
Fig. 2.



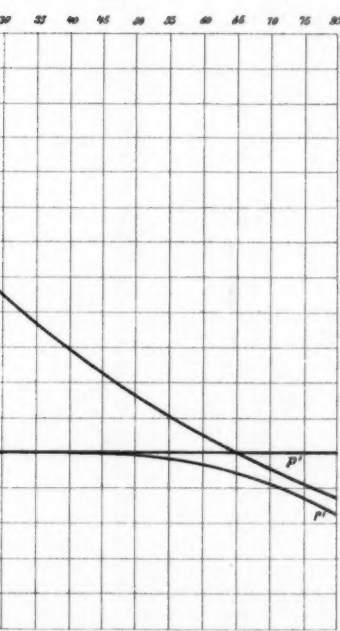
3.



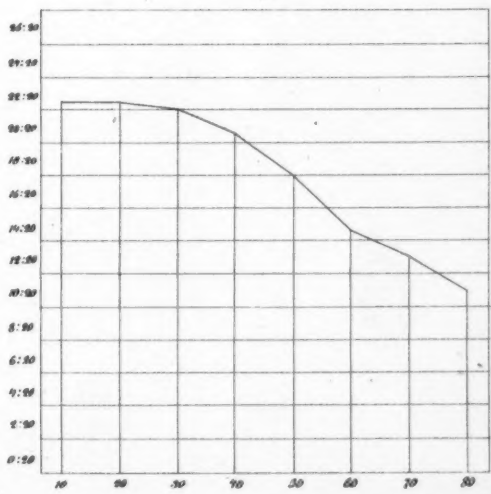
11.



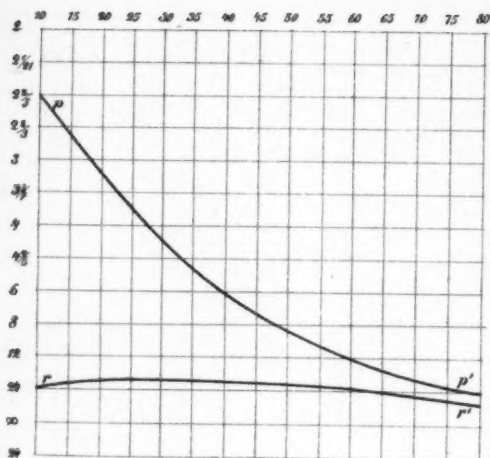
10.



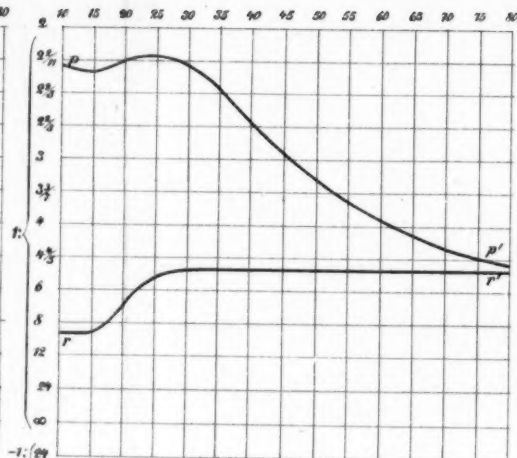
9.



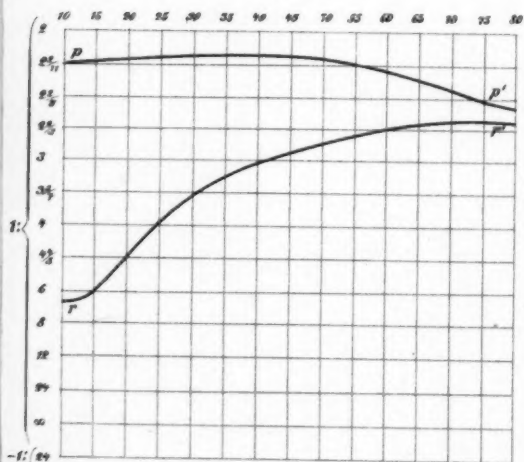
1.



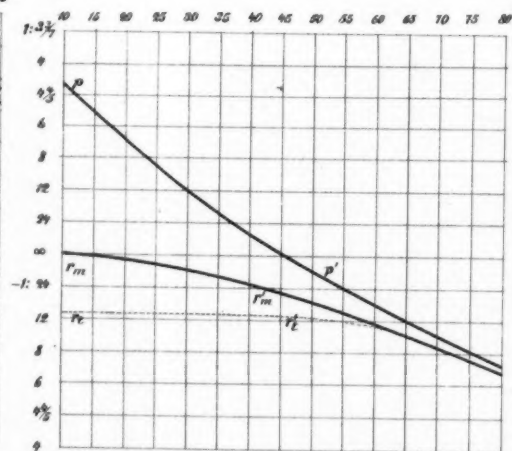
2.



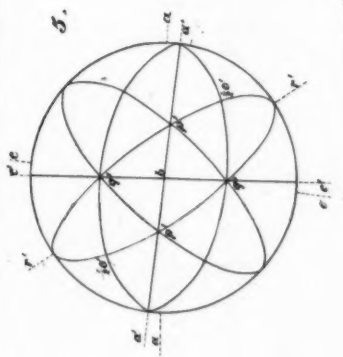
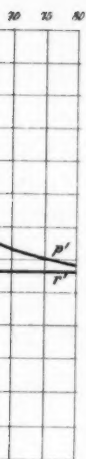
3.



4.



et. deficiente in dextris gest.



6.

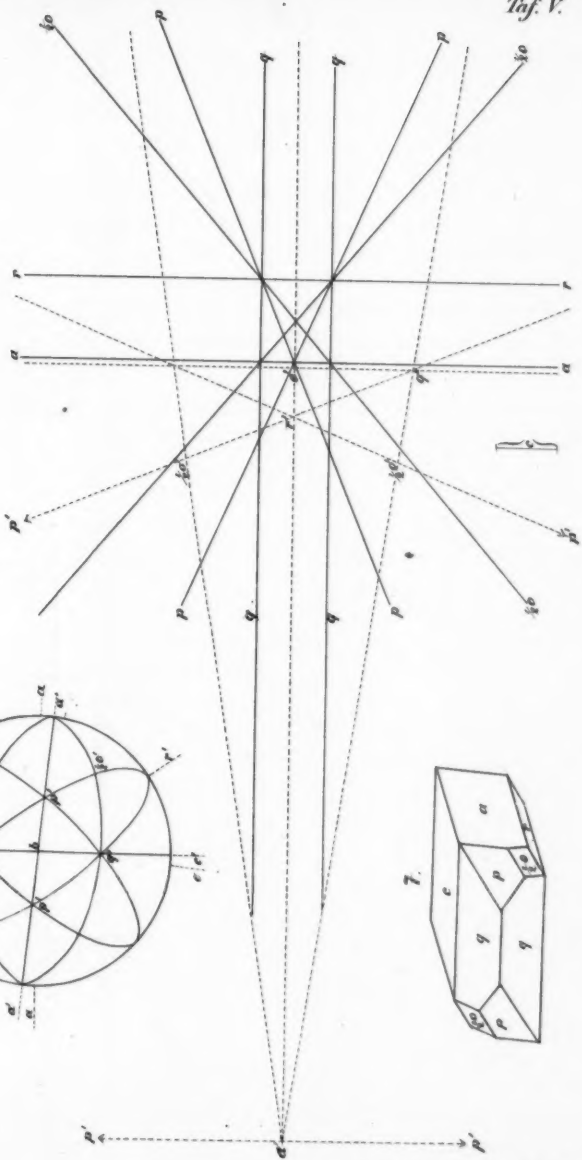
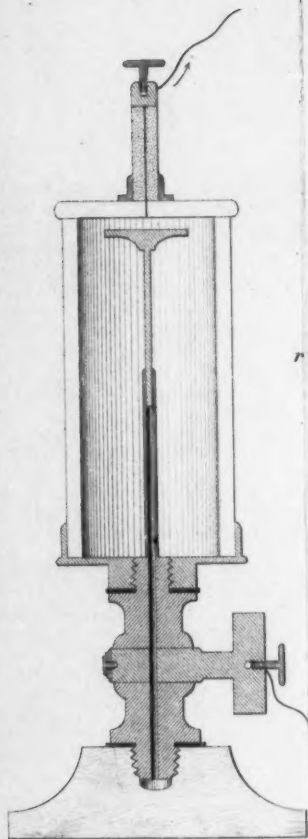


Fig. 1.



$\frac{1}{2}$ der nat. Grösse.

Fig. 2.

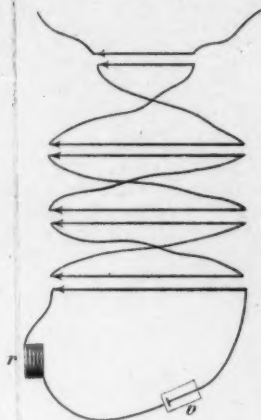


Fig. 3.

